



**T. C.**

**ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**

**EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ BİLİM DALI**

**MÜHENDİSLİK BÖLÜMÜ ÖĞRETİM ÜYELERİNİN MÜHENDİSLİK  
TASARIM SÜRECİ VE BU SÜRECİN ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNE  
ÖĞRETİLMESİ İLE İLGİLİ İNANÇLARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tuğba ÖZSOY**

**BURSA**

**2018**





**T. C.**

**ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**

**EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**MATEMATİK VE FEN BİLİMLERİ EĞİTİMİ ANABİLİM DALI**

**FEN BİLGİSİ EĞİTİMİ BİLİM DALI**

**MÜHENDİSLİK BÖLÜMÜ ÖĞRETİM ÜYELERİNİN MÜHENDİSLİK  
TASARIM SÜRECİ VE BU SÜRECİN ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNE  
ÖĞRETİLMESİ İLE İLGİLİ İNANÇLARI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Tuğba ÖZSOY**

**Danışman:**

**Doç. Dr. Ahmet KILINÇ**

**BURSA**

**2018**

## BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK

Bu çalışmadaki tüm bilgilerin akademik ve etik kurallara uygun bir şekilde elde edildiğini beyan ederim.



**Tuğba ÖZSOY**

**04/06/2018**

- 18.05.2018
- [Assignments](#)
- [Students](#)
- [Grade Book](#)
- [Libraries](#)
- [Calendar](#)
- [Discussion](#)
- [Preferences](#)
- About this page

This is your assignment inbox. To view a paper, select the paper's title. To view a Similarity Report, select the paper's Similarity Report icon in the similarity column. A ghosted icon indicates that the Similarity Report has not yet been generated.

## Muhendislik Bolumu Ogretim Uyelerinin Inanclari

Inbox | Now Viewing: new papers ▼

Submit File Online Grading Report | Edit assignment settings | Email non-submitters

[Delete](#) [Download](#) [move to...](#)

<input type="checkbox"/>	Author	Title	Similarity	web	publication	student papers	Grade	response	File	Paper ID	Date
<input type="checkbox"/>	Tugab Ozsoy	Muhendislik Bolumu Ogretim Uyelerinin In...	6% <input type="text" value="6%"/>	6%	1%	4%	--	--	download paper	965522882	18-May-2018

## YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI

“Mühendislik Bölümü Öğretim Üyelerinin Mühendislik Tasarım Süreci ve Bu Sürecin Ortaokul Öğrencilerine Öğretilmesi ile ilgili İnançları” adlı Yüksek Lisans tezi, Uludağ Üniversitesi Eğitim Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanmıştır.



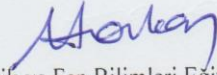
Tezi Hazırlayan

Tuğba ÖZSOY



Danışman

Doç. Dr. Ahmet KILINÇ



Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi ABD Başkanı

Prof. Dr. Mustafa ÖZKAN

JÜRİ İMZA TUTANAĞI

T. C.

ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ

EĞİTİM BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE,

Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı'nda 801631004 numara ile kayıtlı Tuğba ÖZSOY' un hazırladığı "Mühendislik Bölümü Öğretim Üyelerinin Mühendislik Tasarım Süreci ve Bu Sürecin Ortaokul Öğrencilerine Öğretilmesi ile ilgili İnançları" konulu Yüksek Lisans çalışması ile ilgili tez savunma sınavı, 04/06/2018 pazartesi günü 13:00-15:00 saatleri arasında yapılmış, sorulan sorulara alınan cevaplar sonunda adayın tezinin/çalışmasının (başarılı/başarısız) olduğuna (oybirliği/oy çokluğu) ile karar verilmiştir.

Üye (Tez Danışmanı ve Sınav Komisyonu Başkanı)

Doç. Dr. Ahmet KILINÇ



Üye

Doç. Dr. Zehra Özdilek

Uludağ Üniversitesi



Üye

Dr. Öğretim Üyesi Şirin Yılmaz

İstanbul Aydın Üniversitesi



## ÖNSÖZ

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde ve yüksek lisans eğitimim süresince değerli bilgisini ve zamanını benimle paylaşan, beni süreçte cesaretlendiren, benden ilgisini ve desteğini esirgemeyen değerli danışmanım Doç. Dr. Ahmet KILINÇ' a çok teşekkür ederim.

Ayrıca çalışmama katılan, çalışmama zaman ayıran ve sorularıma içtenlikle cevap veren Uludağ Üniversitesi Mühendislik Bölümü öğretim üyelerine teşekkür ederim.

Son olarak beni en iyi şekilde yetiştiren, her konuda bana destek olan anne ve babama, süreçte beni motive eden sevgili kardeşlerime ve anneanneme teşekkür ederim.



**Tuğba ÖZSOY**





**Canım anneannem Bahriye KAHRAMAN' a..**

## Özet

Yazar	: Tuğba ÖZSOY
Üniversite	: Uludağ Üniversitesi
Ana Bilim Dalı	: Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Bilim Dalı
Bilim Dalı	: Fen Bilgisi Eğitimi Bilim Dalı
Tezin Niteliği	: Yüksek Lisans Tezi
Sayfa Sayısı	: XVI+50
Mezuniyet Tarihi	:
Tez	: Mühendislik Bölümü Öğretim Üyelerinin Mühendislik Tasarım Süreci ve Bu Sürecin Ortaokul Öğrencilerine Öğretilmesi ile ilgili İnançları
Danışmanı	: Doç. Dr. Ahmet KILINÇ

### **MÜHENDİSLİK BÖLÜMÜ ÖĞRETİM ÜYELERİNİN MÜHENDİSLİK TASARIM SÜRECİ VE BU SÜRECİN ORTAOKUL ÖĞRENCİLERİNE ÖĞRETİLMESİ İLE İLGİLİ İNANÇLARI**

Fen öğretimine teknoloji ve mühendislik alanlarının entegre edilmesi ve bu doğrultuda güncellenen fen öğretim programında mühendislik uygulamalarına yer verilmesi mühendislik tasarım sürecini ön plana çıkarmıştır. Bu kapsamda mühendislik alanı öğretim üyelerinin mühendislik tasarım sürecinin basamakları ile ilgili görüşleri ve bu sürecin ortaokul öğrencilerine öğretilmesi hakkındaki görüşleri alınmıştır. Ayrıca ortaokul öğrencileri için kullanılabilecek bir Mühendislik Tasarım Süreci modeli geliştirmek ve pedagojik önerilerde bulunmak amaçlanmıştır. Araştırma için mühendislik bölümü öğretim üyelerine telefon, mail ve doğrudan görüşmeler yoluyla ulaşılmış ve çalışmaya katılmaya gönüllü olan yedi mühendislik bölümü öğretim üyesi ile çalışma gerçekleştirilmiştir.

Mühendislik bölümü öğretim üyelerinin mühendislik tasarım sürecinin basamakları hakkındaki görüşlerini ve tasarım sürecini ortaokul öğrencilerine öğretme noktasındaki görüş ve önerilerini ortaya çıkarmak amacıyla yarı yapılandırılmış görüşmeler yapılmıştır. Görüşmelerden elde edilen verilerin analizinde temellendirilmiş kuramdan yararlanılmıştır. Bu analizler sonucunda ortaokul öğrencilerinin kullanabileceği bir mühendislik tasarım süreci modeli ortaya çıkarılmıştır. Geliştirilen mühendislik tasarım süreci modelinin ve bu modelin kullanımı ile ilgili pedagojik önerilerin bu yeniliğe adapte olan öğretmenlere ve mühendislik ve tasarım becerisi kazanması beklenen öğrencilere rehber bir rol üstleneceği düşünülmektedir.

*Anahtar sözcükler:* Fen uygulamaları, mühendislik, mühendislik tasarım süreci

## **Abstract**

Author : Tuğba ÖZSOY  
University : Uludag University  
Field : Primary Education  
Branch : Science Education  
Degree Awarded : Master  
Page Number : XVI+50  
Degree Date :  
Thesis : The Beliefs of the Academicians in Engineering Sciences about  
Engineering Design Process and Teaching This Process to the  
Middle School Students  
Supervisor : Assoc. Prof. Ahmet KILINÇ

### **THE BELIEFS OF THE ACADEMIANS IN ENGINEERING SCIENCES ABOUT ENGINEERING DESIGN PROCESS AND TEACHING THIS PROCESS TO THE MIDDLE SCHOOL STUDENTS**

The integration of technology and engineering fields in science teaching and the updating of the science curriculum in this direction has given engineering design process a priority. In this context, the opinions of engineering faculty members about the steps of the engineering design process and teaching this process to middle school students were investigated. In addition, it is aimed to develop a model of Engineering Design Process which can be used for middle school students and to make pedagogical suggestions. For the research, seven volunteer faculty members of the engineering department at Uludag University were reached by the phone, the e-mail and face to face.

Semi-structured interviews were held with the aim of revealing the views of engineering faculty members on the steps of the engineering design process and on teaching the design process to secondary school students. In the analysis of the data obtained from the interviews, the components of grounded theory were used.

As a result of these analyzes, an engineering design process model was developed that could be used by middle school students. It is thought that the engineering design process model that was developed and the pedagogical suggestions about it has the potential to guide the science teachers adopting the reform and the students that were expecting to gain the skills and engineering and design.

*Keywords:* Engineering, engineering design process, science applications

## İÇİNDEKİLER

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK .....	i
YÖNERGEYE UYGUNLUK ONAYI.....	iii
JÜRİ İMZA TUTANAĞI.....	iv
ÖNSÖZ.....	v
Özet .....	vii
Abstract.....	ix
İÇİNDEKİLER.....	xi
TABLolar LİSTESİ.....	xiv
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xv
KISALTMALAR LİSTESİ.....	xvi
1.BÖLÜM: GİRİŞ.....	1
1.1. Problem Durumu.....	1
1.2. Araştırma Soruları.....	4
1.3. Araştırmanın Amacı.....	4
1.4. Araştırmanın Önemi.....	4
1.5. Varsayımlar.....	5
1.6. Sınırlılıklar.....	5
1.7. Tanımlar.....	6
2. BÖLÜM: LİTERATÜR.....	8
2.1. Dünyada STEM.....	8
2.2. Türkiye’de STEM.....	10

2.3. Mühendislerin Kullandıkları Tasarım Süreci ve Mühendislik Tasarım Modelleri....	11
2.4. Tasarım Sürecinin Öğrencilere Öğretilmesi.....	15
2.4.1. Mühendisler mühendislik tasarım sürecini nasıl öğretiyor?.....	15
2.4.2. Fen öğretmenleri mühendislik tasarım sürecini nasıl öğretiyor?.....	15
3. BÖLÜM: YÖNTEM.....	20
3.1. Araştırmanın Modeli.....	20
3.2. Çalışma Grubu (Evren- Örneklem).....	20
3.3. Veri Toplama Araçları.....	21
3.4. Verilerin Toplanması ve Çözümlemesi.....	22
4. BÖLÜM: BULGULAR.....	23
4.1. Mühendislik Alanı Öğretim Üyelerinin Mühendislik Tasarım Süreci Basamakları Hakkındaki İnançları.....	23
4.2. Mühendislik Alanı Öğretim Üyelerinin Ortaokul Öğrencilerine Mühendislik Tasarım Sürecinin Öğretilmesi Sürecinde Yapılacak Basitleştirmeler Hakkındaki İnançları.....	30
4.3. Mühendislik Alanı Öğretim Üyelerinin Mühendislik Tasarım Sürecinin Ortaokul Öğrencilerine Öğretilmesinin Onlara Yapacağı Muhtemel Etkiler Hakkındaki İnançları.....	32
5. BÖLÜM: TARTIŞMA ve ÖNERİLER.....	35
5.1. Tartışma.....	35
5.1.1. Mühendislik Tasarım Modeli.....	35
5.1.2. Mühendislik Tasarım Modelinin Pedagojisi.....	36
5.2. Öneriler.....	37
Kaynakça.....	41
Ekler.....	48

Ek 1. Etik Kurulu Onayı.....	49
Özgeçmiş.....	50





## TABLULAR LİSTESİ

<i>Tablo</i>	<i>Sayfa No</i>
1. <i>Mühendislik Tasarım Süreci Modelleri</i> .....	14
2. <i>Li ve diğerlerinin 2016 yılındaki Çalışmalarında Kullandıkları Model</i> .....	19
3. <i>Çalışma grubuna katılan öğretim üyelerine ait bazı demografik bilgiler</i> .....	23



## ŞEKİLLER LİSTESİ

<i>Şekil</i>	<i>Sayfa No</i>
1. <i>Ürün Geliştirme Döngüsü</i> .....	12
2. <i>Mühendislik Tasarım Süreci Modeli</i> .....	13
3. <i>İlköğretim Öğrencileri için Mühendislik Tasarım Süreci</i> .....	18
4. <i>Massachusetts Mühendislik Tasarım Süreci</i> .....	19
5. <i>Öğretim Üyelerinin Mühendislik Tasarım Sürecinin Basamakları Hakkındaki Görüşlerinden Elde Edilen Bulgulardan Ortaya Çıkan Mühendislik Tasarım Süreci</i> .....	23
6. <i>Ortaokul Öğrencilerine Yönelik Mühendislik Tasarım Modeli</i> .....	38

## KISALTMALAR LİSTESİ

**ABET:** Accreditation Board for Engineering and Technology / Mühendislik ve

Teknoloji Akreditasyon Kurulu

**Ens:** Enstitü/ Enstitüsü

**Fak:** Fakülte/ Fakültesi

**MEB:** Millî Eğitim Bakanlığı

**TÜSİAD:** Türk Sanayiciler ve İş İnsanları Derneği

**STEM:** Fen Teknoloji Mühendislik Matematik



## 1. Bölüm

### Giriş

#### 1.1.Problem Durumu

Yapay zekânın hızlı gelişimi, robotik teknolojiler, sinir bilim, biyoteknolojideki ilerlemeler ve yeni enerji kaynaklarının keşfedilmesi son otuz yılda tüm dünyanın gündemini meşgul etmektedir. Bu tip bilimde doğadaki bilinmeyenlerin keşfi üzerine gitmenin yerine insan ihtiyaçlarını temel alan post-normal bir durum söz konusudur. Bu durumda bilim tek başına fizik, kimya, biyoloji ve yer bilimi gibi alanlarda üretilen pür bilginin ötesine geçerek mühendislerle ortaklaşa çalışmaların yapıldığı ve daha çok pratik hedeflerin ön plana çıktığı bir yapıya bürünmüştür (Ravetz, 2012). Örneğin duyma ile ilgili olarak yapılan implantasyon ameliyatları son dönemde birçok kişinin hayatını kolaylaştırmış ve sağırlığın kısa bir süre içinde tarihe karışacağını ispatlamıştır. Bu alanda kulak ve duyma fiziği üzerine çalışan fizikçiler, kulağın iç yapısı ve implantasyonun yerleştireceği bölgeler ile ilgili olarak anatomistler, kulak, implantasyon ve beyin ilişkisi için nörologlar ve beyin cerrahları, implantasyon içerisindeki elektronik yapıların dizaynı için elektronik, makine ve bilgisayar mühendisleri gibi birçok bilim insanı ve mühendisin ortak çalışması söz konusu olmuştur (Yawn, Hunter, Sweeney, ve Bennett, 2015; Zeng, Rebscher, Harrison, Sun, ve Feng, 2008).

Bilimin doğasında gözlenen ve mühendisliği de içerisine alan bu makas ayrımı okullarda öğretilen Fennin doğasının da değişmesi anlamına gelmektedir. Her ne kadar fen eğitimi, bilim insanı yetiştirme gibi bir amaçtan fen okuryazarı vatandaşlar yetiştirme gibi bir amaca kaymış (Roberts, 2007) olsa da özellikle bilimin doğasında gözlenen bu değişimin fen öğretim programlarına yansıtılmasının gerekli olduğu vurgulanmaktadır (Kılınç, Demiral ve Kartal, 2017).

Yukarıdaki gelişmeye paralel olarak ama bu gelişmeden bağımsız bir şekilde özellikle Amerika ve Avrupa'da son dönemde STEM (Science, Technology, Engineering ve Math)

şeklinde kısaltılan ve Fen, Teknoloji, Mühendislik ve Matematik alanlarının ilk harflerinin birleştirilmesi ile oluşturulan bir kısaltma gündeme gelmiştir. Bu kısaltma özellikle 2000’li yılların başları itibariyle Amerika’da ve Avrupa’nın bazı ülkelerinde STEM alanlarındaki iş gücünün azalması ve bu alanlara lise öğrencilerinin ilgilerinin azalması ile önem kazanmıştır (Thomasian, 2011). Bu kapsamda hükümetler ve STEM alanlarındaki sanayiciler STEM alanlarına olan ilginin arttırılması amacıyla üniversite öncesi Fen eğitimi programlarına mühendislik, matematik ve teknoloji odaklı unsurların eklenmesinin gerekli olduğunu vurgulamışlardır. Nitekim bu öneriler kapsamında hem Amerika’da hem de Avrupa’nın bazı ülkelerinde STEM odaklı unsurlar üniversite öncesi Fen eğitimi programlarına alınmış ve öğrencilere fen, matematik, teknoloji ve mühendisliğin iç içe geçtiği disiplinler arası bir yaklaşım ile mühendislik tasarım sürecinin öğretilmesi gündeme gelmiştir.

Her ne kadar çıkış noktası farklı da olsa ülkemizde de STEM alanlarında iş gücünde ciddi problemler olduğu gözlenmektedir. Örneğin Türk Sanayiciler ve İş İnsanları Derneği (TÜSİAD), 2016-2023 döneminde STEM iş gücü ihtiyacının yaklaşık 1 milyon olacağını ve bu ihtiyacın yaklaşık olarak 300 bininin yani yaklaşık % 31’inin karşılanamayacağını öngörmektedir (TÜSİAD, 2017). Dolayısıyla Amerika’da şekillenen ve Avrupa’da ivme kazanan STEM ve STEM eğitiminin Türkiye’ye benzer şekilde yansıdığı gözlenmektedir. Bu kapsamda hem MEB hem de diğer kaynaklar tarafından hazırlanan raporlarda STEM alanlarına ilginin arttırılması, 21. Yüzyıl becerileri ve STEM okuryazarlığı gibi kavramlar ön plana çıkarılmıştır (İstanbul Aydın Üniversitesi [İAÜ], 2015; Milli Eğitim Bakanlığı [MEB], 2016). Ayrıca 2017 yılı itibariyle güncellenen Fen öğretim programlarında STEM odaklı unsurlar yer almış ve Fen ve Mühendislik Uygulamaları adındaki üniteler tüm ortaokul sınıf kademelerinde (5.,6., 7. ve 8. sınıf) kendine yer bulmuştur. Bu ünitelerde mühendislerin neler yaptıkları, fen, matematik, teknoloji ve mühendislik arası ilişkiler ve özellikle mühendislik tasarım süreci öne çıkarılmıştır (MEB, 2017).

Bu araştırmanın problem durumu olarak ele alındığında ilk olarak Türkiye'deki STEM'e temel teşkil eden unsurların Amerika ve Avrupa'dan farklı olduğu vurgulanmalıdır. Bu başlığın giriş bölümünde açıklandığı gibi fennin post-normal bir çerçeveye doğru kaymış olması maalesef ülkemizdeki hem üniversite hem de üniversite öncesi düzeydeki fen eğitimine yansımamış ve bu durumun negatif sonuçları birçok bölümün kapanması ile kendini göstermiştir. Fen ve mühendislik alanlarının ortaklaşa işlediği bir fen eğitiminin ne üniversite öncesindeki fen derslerinde, ne de üniversitelerdeki fen odaklı ya da mühendislik odaklı bölümlerde verildiği gözlenmemektedir. Bu durum yakın gelecekte post-normal fenni benimseyen (Ravetz, 2012) birçok ülkenin ivmeleneyeceği ve ülkemizin bu ivmelenmede geride kalabileceği anlamına gelmektedir.

Öte yandan her ne kadar ülkemizdeki fen öğretim programlarına Amerika ve Avrupa'daki trendlerle uyumlu olacak şekilde mühendislik odaklı unsurlar dahil edilmiş olsa da hem öğretim programında hem de bununla ilgili olarak hazırlanan raporlarda ülke genelinde oldukça sınırlı bir oranda çalışma yapıldığı ve gerek öğretmenlerin gerekse de öğrencilerin neyi nasıl öğretmesi ya da öğrenmesi gerektiği ile ilgili ciddi belirsizlikler olduğu gözlenmektedir.

Bu kapsamda post-normal Fen çerçevesi altında ülkemizdeki STEM odaklı çaba ve müdahalelerin yeniden ele alınması gerekmektedir. STEM kavramının eğitim ile ilgili 21. Yüzyıl becerileri ya da üst düzey beceriler gibi popüler ama neye tekabül ettikleri net olmayan kavramlarla şekillenmek yerine birçok güvenilir kaynağın yaptığı gibi (örneğin Cunningham ve Carlsen, 2014) Mühendislik Tasarım Süreci temelinde ele alınmasının uygun olacağı düşünülmüştür. Bu kapsamda gerek MEB gerekse de diğer ulusal kaynaklarda bu tasarım sürecine dair bazı bilgiler verilmiş olsa da bu bilgilerin oldukça sınırlı olduğu ve bilgilendirici olmadığı gözlenmiştir. Bu kapsamda bu çalışmada, fen eğitimi çalışmalarında bilim insanlarının yaptıklarının altın standart olarak kabul edildiği düşünülerek (Abi-El-Mona

ve Abd-El-Khalick, 2011). Mühendislik bölümü öğretim üyelerinin mühendislik tasarım süreci ile ilgili görüşleri alınmıştır. Bu görüşler kapsamında ülkemizde ortaokul öğrencileri için kullanılabilir bir mühendislik tasarım süreci modeli oluşturulmuş ve öğretim üyelerinin önerileri kapsamında bazı pedagojik öneriler geliştirilmiştir.

## 1.2.Araştırma Soruları

Bu çalışmayı aşağıdaki iki temel soru ve ikinci soru altında verilen iki alt soru şekillendirmiştir:

**Araştırma Sorusu 1.** Mühendislik alanındaki öğretim üyelerinin mühendislik tasarım sürecinin basamakları hakkındaki inançları nelerdir?

**Araştırma Sorusu 2.** Mühendislik alanındaki öğretim üyelerinin mühendislik tasarım sürecini ortaokul öğrencilerine öğretme noktasında inanç ve önerileri nelerdir?

**2a.** Ortaokul öğrencilerine mühendislik tasarım sürecinin öğretilmesi sürecinde ne gibi basitleştirmeler yapılabilir?

**2b.** Ortaokul öğrencilerine mühendislik tasarım sürecinin öğretilmesinin onlara yapacağı muhtemel etkiler nelerdir?

## 1.3.Araştırmanın Amacı

Bu çalışmanın amacı mühendislik alanı öğretim üyelerinin mühendislik tasarım sürecinin basamakları ve bu sürecin ortaokul öğrencilerine öğretilmesi ile ilgili inançlarını ortaya çıkarmak ve çalışma sonrasında ortaokul öğrencileri için kullanılabilir bir Mühendislik Tasarım Süreci modeli geliştirerek pedagojik önerilerde bulunmaktır.

## 1.4.Araştırmanın Önemi

Ülkelerin post-normal bilim çevresinde kümelendiği son yıllarda bu bilimi temel alan bir Fen eğitiminin şekillenmesi ülkemizin ekonomik refahı ve istikrarı açısından oldukça önemlidir. Bu kapsamda üniversite öncesi yıllardan itibaren fen ve mühendisliği iç içe ele alan post-normal bir fen eğitimine geçiş elzem bir nitelik kazanmıştır.

Bu geçişin sağlanmasında her ne kadar STEM gibi sadece ekonomik ve siyasi söylemler üzerinden şekillenen bir kavram kullanılsa da bu geçişin sağlam pedagojik temellere dayandırılması gerekmektedir. Bu kapsamda ülkemizde fen öğretim programlarına dahil edilen STEM odaklı unsurların Mühendislik Tasarım Süreci temelinde şekillendirilmesi hem öğretmenlerde hem de öğrencilerde ortaya çıkacak birçok kafa karışıklığını önleyebilir. Nitekim böyle bir sürecin basamaklı yapısı hem öğretmenlerin derslerini planlamalarında hem de öğrencilerin yapacakları aktiviteleri net bir şekilde anlamalarında rehber rol üstlenecektir.

Bu kapsamda yapılan çalışmada ortaokul öğrencileri için geliştirilen mühendislik tasarım süreci modeli ve bu modelin kullanımı ile ilgili pedagojik önerilerin özellikle 2017 yılı itibariyle ülkemizde ortaokul fen öğretimi programlarına dahil edilen Fen ve Mühendislik Uygulamaları gibi ünitelerde hem öğretmenlere hem de öğrencilere yardımcı olacağı düşünülmektedir. Ayrıca geliştirilen model ve pedagojik önerilerin bu alanda yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalara özellikle gerçek bir bağlamdan (mühendislik alanı öğretim üyeleri) bilgi çekilmesi bakımından yenilik getireceği düşünülmektedir.

### **1.5.Varsayımlar**

Çalışma temellendirilmiş teori çerçevesinde şekillenen nitel bir araştırma (Creswell, 2012) olduğu için herhangi bir hipotetik unsur barındırmamaktadır.

### **1.6.Sınırlılıklar**

Çalışma kapsamında kavramsal ve çalışma grubu odaklı bazı sınırlılıklar yaşanmıştır. Kavramsal olarak bakıldığında mühendislik tasarım süreci yerine ülkemizde ve dünyada genel olarak STEM ve STEM eğitimi gibi içeriğinde nelerin olduğuna dair net bir fikrin olmadığı bir literatür incelenmiştir (Zeidler, 2016). Bu kapsamda var olan literatür özellikle Mühendislerin tasarım süreci ile ilgili eğitimleri ve fen eğitiminde mühendislik tasarım süreci olmak üzere sınırlandırılmıştır.



Yöntemsel olarak bakıldığında ise özellikle çalışma grubunun oluşturulması ve görüşmelerin yapılması sürecinde bazı problemlerle karşılaşmıştır. Görülecek kitlenin şekillenmesinde öncelikle e-mail sonrasında telefon ve son olarak ise doğrudan ofislerine giderek öğretim üyelerine ulaşılmıştır. Öğretim üyelerinin dersler ya da akademik çalışmalardan dolayı yoğun olmaları ya da ortaokul eğitiminde mühendislik tasarım süreçlerinin katılması konusunda yeterli bilgiye sahip olmadıklarını belirtmeleri, ifade edilen çoklu iletişim yollarının kullanılmasını sağlamıştır.

### 1.7.Tanımlar

**Mühendis:** Türk Dil Kurumu (TDK, 2018) tarafından insanların her türlü ihtiyacını karşılamaya dayalı yol, köprü, bina gibi bayındırlık; tarım, beslenme gibi gıda; fizik, kimya, biyoloji, elektrik, elektronik gibi fen; uçak, otomobil, motor, iş makineleri gibi teknik ve sosyal alanlarda uzmanlaşmış, belli bir eğitim görmüş kimse olarak tanımlanmıştır.

**Mühendislik:** Matematik ve fizik bilimlerinin, çalışma, deneyim ve uygulama ile kazanılan mühendislik mantığının kullanılarak, doğal kaynakların ve gücün ekonomik olarak insanlığın yararına sunulmasıdır (Accreditation Board for Engineering and Technology/ Mühendislik ve Teknoloji Akreditasyon Kurulu [ABET], 1998)

**Mühendislik Tasarım Süreci:** Tasarımcıların cihazlar, sistemler veya süreçler için kavramlar üretme, değerlendirme ve belirlemeyi, müşterinin hedeflerine veya kullanıcı gereksinimlerine ulaşırken belirtilen bir dizi kısıtlamayı yerine getirmeyi gerektiren sistematik bir süreçtir. (Dym, Agogino, Eris, Frey ve Leifer, 2005)

**Öğretim Üyesi:** Yükseköğretim kuruluşlarında görevli profesör, doçent ve doktor öğretim üyesi, akademisyen (TDK, 2018)

**STEM:** Science, Technology, Engineering ve Mathematics kelimelerinin ilk harfleri ile oluşturulmuş kısaltmadır.

**STEM Eğitimi:** Teorik bilginin uygulamaya, ürüne ve yenilikçi buluşlara dönüştürülmesini amaçlayan, öğrencilerin fen bilimleri, teknoloji, mühendislik ve matematik derslerinde öğrendikleri bilgileri bir bütünün parçaları olarak görmelerini sağlayan dünyada birçok ülkenin öğretim programlarına dâhil ettiği bir eğitim yaklaşımıdır. (MEB, 2016)

**Post-normal Bilim:** Belirsizlik, değer yükleme ve çoğul bakış açılarını ihmal etmeye yatkın olan normal bilim anlayışının aksine belirsiz gerçekler, anlaşmazlık içeren değerler ve acil kararların olduğu konularda bilimin kullanımını ön gören bir yaklaşımdır. (Funtowicz ve Ravetz, 1993).



## 2. Bölüm

### Literatür

#### 2.1.Dünya’da STEM

STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics – Fen, Teknoloji, Mühendislik, Matematik) kelimesi 2010’lu yıllar itibariyle Türkiye’nin gündemine gelmiş olsa da özellikle Amerika ve Avrupa’da daha eski bir tarihi olduğu söylenebilir. STEM kısaltması ilk olarak Amerika’da 2000’li yılların başlarında telaffuz edilmeye başlanmıştır. Bu yıllarda Amerikalı lise öğrencilerinin fen, matematik, mühendislik ve teknoloji alanlarındaki üniversite bölümlerini tercih etmemeye başlaması ve özellikle sosyal bilimlerde bir üniversite eğitimi hayal etmeleri Amerikalı sanayicileri ve siyasileri tedirgin etmiştir. Ayrıca STEM alanlarındaki iş gücünün büyük bir bölümünün sağlandığı Çin ve Hindistan gibi ülkelere gelen kalifiye iş gücü gerek o ülkelerin hayat standartlarındaki düzelmeler gerekse de Amerika’nın terör ile ilgili önlem odaklı sınırlamaları yüzünden azalmaya başlamıştır. Böyle bir durumda STEM alanlarında hem iş gücünde ciddi azalmalar hem de bu iş gücünün kaynağı olabilecek öğrenci potansiyelinde önemli kayıplar söz konusu olmuştur (Business Roundtable, 2005; Bybee, 2010; National Science Foundation, 2010; National Research Council, 2012).

Amerika’da gözlenen bu gelişmeler sanayi devlerini harekete geçirmiş ve ülkede gözlenen STEM çıkmazı ile ilgili raporlar hazırlanmıştır (Tapping America’s potential: The education for innovation initiative [Business Roundtable, 2005]; A decade of action: Sustaining Global Competitiveness [BSCS], 2007)). Bu raporlarda STEM iş gücünde belirtilen nedenlerden dolayı azalmalar olduğu ve ülke yönetiminin kısa süre içinde önlemler alması gerektiği belirtilmiştir. Bu gelişmelere kulak kabartan Amerikan yönetimi ise üniversite öncesi öğrencilerde STEM alanlarına olan ilginin artırılması amacıyla özellikle Fen eğitimine yönelik bazı düzenlemelerin yapılmasını talep etmiştir (Duncan, 2009). Bu

talep sonrasında tüm ülkedeki fen eğitimini etkileme potansiyeline sahip olan Next Generation Standards (Gelecek Jenerasyon Standartları) adlı dökümanda karşılık bulmuştur (National Research Council, 2012). Bu dökümanda STEM alanlarında iş gücünün artırılmasının yanı sıra Uluslararası Öğrenci Değerlendirme Programı [PISA] ve Uluslararası Matematik ve Fen Eğilimleri Araştırması [TIMSS] gibi sınavlarda Amerika'nın sıralamasının geliştirilmesi, STEM okuryazarlığının artırılması, modern iş gücü için gereken becerilerin sağlanması gibi pedagojik hedefler de yer almıştır. Bu standartları temel alan ve tüm eyaletlere önerilen K-12 Fen Çerçevesi'nde (National Research Council, 2012) ise halkın STEM konularında sağlıklı karar vermesi ve fen, mühendislik ve teknolojinin modern yaşamın vazgeçilmezleri olduğu vurgulanmıştır.

K-12 Fen Çerçevesi'nde 'Fen ve Mühendislik Uygulamaları', 'Ortak kavramlar' ve 'Disiplinler arası fikirler' olmak üzere üç boyut yer almıştır. Bunlardan Fen ve Mühendislik Uygulamaları bölümünde üniversite öncesi öğrencilerin hem fen hem de mühendislik pratikleri ile uğraşmalarının hem bilim insanları hem de mühendislerin günlük rutinlerini anlamaları ve fen ile mühendislik arası ilişkileri kavramalarını sağlayacağı ifade edilmiştir. Ayrıca fen ve Mühendislik uygulamaları için 1) Soru sorma ve problemi tanımlama, 2) Modeller kullanma, 3) Gözlemler yapma, 4) Verileri analiz etme ve yorumlama, 5) Matematiksel ve hesaplama odaklı düşünme, 6) Açıklamalar oluşturma ve çözümler dizayn etme, 7) Kanıt üzerinden argümanlar üretme ve 8) Bilgiyi toplama, değerlendirme ve iletişime sunma şeklinde bir sıralama yapılmıştır. Ortak kavramlarda ise fen alanındaki uygulamalar ve mühendisliğin ortak kavramları olarak 1) Patternler, 2) Neden-sonuç ilişkileri: Mekanizmalar ve açıklamalar, 3) Ölçek, oran ve nicelik, 4) Sistemler ve sistem modelleri, 5) Enerji ve madde, 6) Stabilitate ve değişim belirlenmiştir. Disiplinlerdeki ana fikirler için ise 1) Yaşam bilimleri 2) Fiziksel bilimler, 3) Yer ve uzay bilimleri ve 4) Mühendislik, teknoloji ve fen uygulamaları olmak üzere dört disiplinin bir araya getirildiği gözlenmiştir. Ayrıca

Mühendislik, Teknoloji ve Fen uygulamaları disiplini altında Mühendislik tasarımına yer verilmiştir.

Amerika’da gözlenen STEM probleminin benzeri tarihlerde Avrupa ülkelerini de rahatsız etmeye başladığı gözlenmiştir. Avrupa’da da STEM alanlarına başvurularda azalmalar gözlenmekte ve öğrencilerin daha çok sosyal alanlara kaydığı rapor edilmektedir. Bu durum Avrupa Birliği nezdinde Amerika gibi bazı önlemler alınmasını gerektirmiş ve STEM ile Mühendislik tasarımı odaklı temaların üniversite öncesi Fen eğitimine eklenmesi gündeme gelmiştir (European School Net, 2017).

## **2.2.Türkiye’de STEM**

Türkiye’ye bakıldığında son yıllarda birçok üniversitede fizik, kimya, biyoloji, matematik ve bazı mühendislik bölümlerinin kapandığı gözlenmektedir. Bu durum STEM alanlarında ciddi bir iş gücü eksikliğinin oluşacağı anlamına gelebilir. Ancak Türkiye’de problemin çıkış noktasının bu alanlara olan ilginin azalması değil STEM alanlarındaki iş potansiyelinin Amerika ve Avrupa’dan farklı olarak sınırlı olmasıdır. Bu alanlardaki mezunların iş bulamaması bu alanlara olan ilginin azalmasına neden olmaktadır. Bu sebeple temel bilimlerde nitelikli bir eğitim sunmak ve bu alanlara azalan ilgiyi artırmak adına girişimlerde bulunulmuştur. (Yükseköğretim Kurulu [YÖK], 2015).

Bu kapsamda Türkiye Sanayi ve İş İnsanları Derneği (TÜSİAD) 2023 yılı için tüm alanlarındaki toplam istihdamın yaklaşık 34 milyonu bulmasını ve bunun yaklaşık 3,5 milyonunun STEM alanlarında olmasını beklemektedir. Ayrıca TÜSİAD 2016-2023 döneminde STEM iş gücü ihtiyacının yaklaşık 1 milyon olacağını ve bu ihtiyacın yaklaşık olarak 300 bininin yani yaklaşık % 31’inin karşılanamayacağını öngörmektedir (TÜSİAD, 2017). Bu gibi raporlar Amerika ve Avrupa’da olduğu gibi Türkiye’de de eğitimcilerin konuya eğilmesini sağlamış ve özel bir üniversite ile Milli Eğitim Bakanlığı STEM ve STEM eğitimi odaklı raporlar hazırlamıştır ((İAÜ, 2015; MEB, 2016). Bu raporlar Amerika ve

Avrupa'daki emsallerine benzer şekilde STEM işgücündeki azalmalar, 21. Yüzyıl becerileri, STEM alanlarındaki bilginin günlük hayatta kullanılması, üst düzey düşünme becerileri ile buluş ve inovasyon gibi hedef ve kavramları içerecek şekilde STEM eğitiminin Türkiye'ye entegrasyonunu önermiştir.

Bu önerileri dikkate alan MEB 2018 yılı itibariyle güncellemiş olduğu fen bilimleri öğretim programlarına fen uygulamaları ve mühendislik-teknoloji odaklı unsurları eklemiştir. 2018 yılında güncellenen ortaokul Fen Bilimleri Öğretimi Programında (MEB, 2018) 5, 6, 7 ve 8. sınıfların programlarında son ünite olarak 'Uygulamalı Bilim: Fen ve Mühendislik Uygulamaları' eklenmiştir (MEB, 2017). Bu ünitelere bakıldığında Fen, Matematik, Mühendislik ve Teknolojinin disiplinler arası bir şekilde öğretiminin vurgulandığı, öğrencilerin üst düzey düşünceleri ve bir ürün geliştirmeleri, öğretmenlerin ise alanlar arasında geçişi sağlamasının önemli olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca bu üniteler kapsamında 1) günlük hayat problemlerinin tanımlanması, 2) problemler için çözüm alternatifleri geliştirilmesi, 3) ürünlerin tasarlanması ve sunumu ve 4) ürünü pazarlamak için stratejilerin geliştirilmesi şeklinde mühendislik tasarımının unsurlarının öğretilmesi hedeflenmiştir.

### **2.3.Mühendislerin kullandıkları tasarım süreci ve mühendislik tasarım modelleri**

Mühendislik tasarımı, ABET tarafından, *istenen ihtiyaçları karşılamak için bir sistem, bileşen veya süreç tasarlama süreci* olarak tanımlanmıştır (ABET, 1998). Bu süreç, belirlenen bir hedefe ulaşmak için Fen, Matematik ve Mühendislik biliminin uygulandığı, çoğu zaman yinelemeli karar verme süreci şeklinde açıklanmıştır (ABET, 1998).

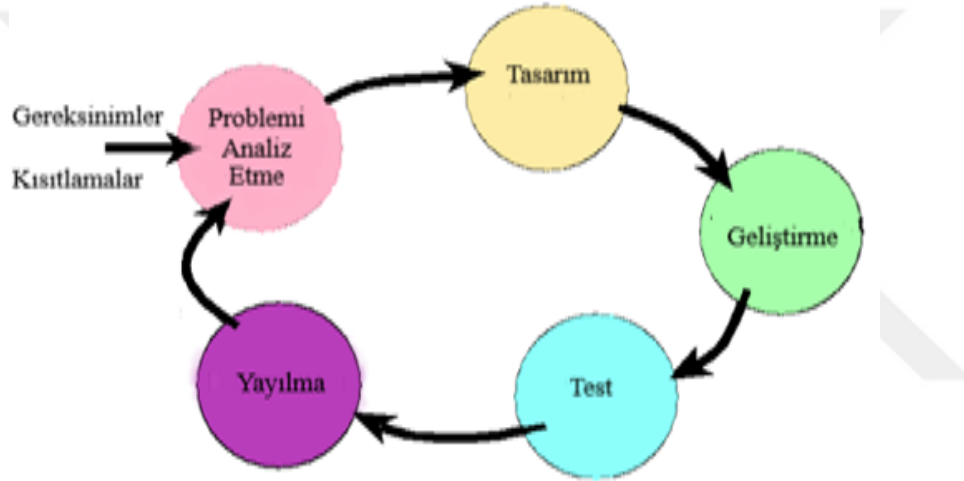
Tayal'a (2013) göre ise mühendislik tasarım süreci, tasarımcının ilk olarak bir problemi veya bir ihtiyacı belirlemesi, sonunda bir problemi veya ihtiyacı karşılayan bir çözüm üretmesi ve geliştirmesi olarak ifade edilmiştir. Aynı çalışmada mühendislik tasarım sürecinin adımları 1) Problemi tanımlama, 2) Arka plan araştırması yapma, 3) Gereksinimleri

belirtme, 4) Alternatif çözümler oluşturma, 5) En iyi çözümü seçme, 6) Geliştirme çalışması yapma, 7) Bir prototip inşa etme ve 8) Test ve yeniden tasarlama olarak belirtilmiştir

Genel olarak bir ürünün geliştirilme sürecini tanıtmayı konu alan bir diğer çalışmada Valvano ve Yerraballi (2014) ise Şekil 1’de gösterilen süreç önerilmiştir. Bu süreçte bir ürünün geliştirilmesi için 1) Problemi analiz etme, 2) Tasarım, 3) Geliştirme, 4) Test, 5) Yayılma döngüsü takip edilmiştir.

Şekil 1

*Ürün geliştirme döngüsü* ( Valvano & Yerraballi, 2014, s. 71)

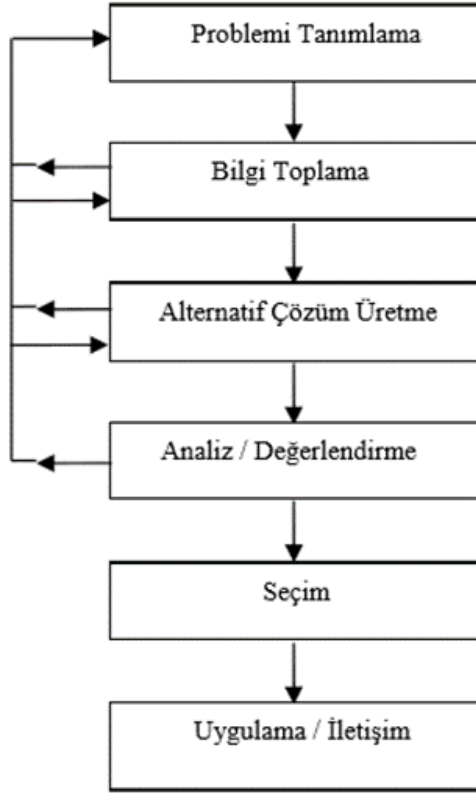


Zandin (2001) ise endüstri mühendislerinin sıklıkla karşılaştığı tasarım ve operasyonel problemleri çözmek için kullandıkları mühendislik tasarım modelini yedi ardışık adımda göstermiştir. Bu adımlar: 1) Oryantasyon, 2) Problem tanımı, 3) Veri toplama, 4) Model formülasyonu, 5) Çözüm, 6) Model doğrulama ve çıktı analizi ve 7) Uygulama ve izleme olarak belirtilmiştir.

Mosborg ve diğerleri (2005) ise tasarım sürecinin ve tasarım sürecine ilişkin kavramların incelendiği çalışmada mühendisliğe giriş ders kitaplarından sentezlenen bir mühendislik tasarım süreci modeli oluşturmuş ve bu model Şekil 2’de gösterilmiştir.

Şekil 2

*Mühendislik tasarım süreci modeli (Mosborg, ve diğerleri, 2005)*



Howard, Cullet ve Dekoninck (2007) ise mühendislik tasarımı üzerine düzenlenen uluslararası bir konferansta tasarım sürecinin anlaşılmasının, tasarımın öğretilmesi ve geliştirilmesi için önemli olduğu vurgulamıştır. Ayrıca tasarım sürecinin biçimselleştirilmesi ile alakalı çok sayıda literatür olduğunu ifade etmiş ve literatürde bulunan çeşitli tasarım süreçlerini inceleyerek Tablo 1’de gösterilen tasarım süreçlerini bir araya getirmişlerdir.



Tablo 1.

*Mühendislik tasarım süreci modelleri (Howard, Culley ve Dekoninck, 2007)*

Modeller	İhtiyaç >	Görev Aşamalarının Analizi >	Kavramsal Tasarım > Aşamaları	Uygulamalı Tasarım Aşamaları >	Detaylı Tasarım Aşamaları >	Üretim, Kullanım, Tedavül den Kal dırma	
Booz A. & Hamilton (1967)	X	Yeni Ürün Stratejisi Geliştirme >	Fikir Üretme Gösterim & Değerlendirme >	İş Analizi >	Geliştirme >	Test Etme >	Ticarileştirme
Archer, L.B. (1968)	X	Programlama Bilgi Toplama >	Analiz > Sentez >	Geliştirme >	İletişim		X
Pitman, Bath (1974)	İhtiyaç >	X	Kavramlar > Doğrulama >	Kararlar >	X		Üretim
Wilson, D.R. (1980)	Toplumsal İhtiyaç >	Tanım & Biçimlendirme FR's & Kısıtlamaları >	Düşün ve Yarat >	Analiz ve/veya test >	Ürün, prototip, süreç		X
Urban, G.L. ve Hauser, J.R. (1980)	Fırsat Tanımlama >	Tasarım >		Test >		Giriş Başlatma) ; Yaşam döngüsü Yönetimi	
VDI-2222 (1982)	X	Planlama >	Kavramsal Tasarım >	Uygulama Tasarımı >	Detay Tasarımı		X
Hubka, V. & Eder W.E. (1982)	X	X	Kavramsal Tasarım >	Düzen Tasarım >	Teknik Geliştirme		X
Crawford, C.M. Protokol(1984)	X	Stratejik Planlama >	Fikir Üretimi >	Pre-teknik Değerlendirme >	Detay Tasarımı >		Ticarileştirme
Pahl, G., Beitz, W. (1984)	Görev >	Görev Açıklaması >	Kavramsal Tasarım >	Uygulama Tasarımı >	Detay Tasarımı		X
French, M. (1985)	İhtiyaç >	Problemin Analizi >	Kavramsal Tasarım >	Tasarımın Somutlaştırılması >	Detaylandırma		X
Ray, M. (1985)	Problemi Tanıma >	Problemin Keşfi ; Problemi Tanımlama >	Alternatif Önerileri Araştırma >	Tahmin Sonuç ; Uygun Alternatiflerin Test Edilmesi	Uygun > Alternatiflerin Değerlendirilmesi	Çözümü Belirlemek >	Yerine getirme yapma
Cooper, R. G. (1986)	Fikir >	Ön Araştırma >	Detaylı Araştırma >	Test & Onaylama >	X		Tam Üretim ve Piyasaya Sürme
Andreasen, M.M. (1987)	İhtiyacın Tanınması >	İhtiyacın Araştırılması >	Ürün Prensipleri >	Ürün Tasarımı >	Ürün Hazırlıkları >		Yerine getirme yapma
Pugh, S. (1991)	Piyasa >	Tanımlama >	Kavramsal Tasarım >		Detay Tasarım >		Üretim ; Satış
Hales, C. (1993)	Fikir, İhtiyaç, Öneri, Özet >	Görev Açıklaması >	Kavramsal Tasarım >	Tasarımın Somutlaştırılması >	Detay Tasarım		X
Baxter, M. (1995)	İnovasyon Fırsat Değerlendirmesi >	Olası Ürünler >	Olası Kavramlar >	Olası Düzenlemeler >	Olası Detaylar >		Yeni Ürün
Ulrich, K.T. (1995)	X	Stratejik Planlama >	Fikir Geliştirme >	Sistem Düzeyinde Tasarım >	Detay Tasarımı >		Test etme ; Üretim & Düzeltme Arttırma
Ullman, D. (1997)	İhtiyaçları Belirleme ; Tasarım Süreci Planlama >	Mühendislik Özelliklerini Geliştirme >	Kavram Geliştirme >	Ürün Geliştirme >			X
BS7000 (1997)	Fikir >	Fizibilite >		Uygulama (veya gerçekleştirme) >			Sonlandırma
Black, S. (1999)	Öz Fikir >	Sanatın Durumunu gözden geçirme >	Sentez > İlham >	Deneme > Analiz/ Yansıtma >	Sentez >	Kısıtlamalara Karar Sonuç verme >	X
Cross, N. (2000)	X	Araştırma >	Oluşturma >	Değerlendirme >	İletişim		X
Design Council (2006)	Keşfetme >	Tanımlama >	Geliştirme >		Teslim Etme		X
I.L.P	Misyon Açıklama >	Piyasa Araştırma >	Fikir Aşamaları >	Kavram Aşamaları >	Fizibilite Aşamaları >		Üretim Öncesi

## 2.4.Mühendislik Tasarım Sürecinin Öğrencilere Öğretilmesi

**2.4.1.Mühendisler Mühendislik Tasarım Sürecini Nasıl Öğretiyor?** Dally ve Zhang (1992) Maryland Üniversitesi' (ABD) nde de mühendislik bölümünde ilk yıl mühendislik bilimine genel bir giriş amacıyla mühendislik tasarım dersinin verildiğini ifade etmişlerdir. Ayrıca bu ders proje temelli yürütülmekte ve işleyişi; 1) öğrenciler basit bir ürün tasarlayarak temel mühendislik kavramlarını öğrenirler, 2) öğrenciler ürünün bileşenlerini üretir ya da tedarik ederler, 3) öğrenciler bileşenleri birleştirir, test eder ve ürünü ortaya çıkarırlar şeklindedir.

Dym ve diğerleri (2005) ise tasarım düşüncesinin karakteristiğinden başlayarak, tasarım öğrenmenin ve tasarım öğretmenin zorluğuna dikkat çekmiş ve tasarım yapabilen mühendisler mezun etmek amacıyla bu derslerin proje tabanlı yürütülmesi gerektiğini önermişlerdir. Ayrıca birinci sınıfta verilen proje odaklı bu derslerin öğrencilerin tasarım sürecinin öğelerini öğrenmesi, mühendislerin gerçekte yaptıklarını deneyimlemelerine fırsat vermesi, öğrencilerin motivasyonunu arttırması ve mühendislikte kalıcılığı sağlaması açısından bir araç olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca günümüz mühendislerinin tasarımlarının küresel, kültürel ve ticari açıdan kısıtlamalar altında gerçekleştirildiğine dikkat çekilmiş ve mühendislik tasarım kurslarının coğrafi olarak dağınık ve kültürel olarak çeşitli uluslararası ağlarda öğretilmesi görüşünün kabullenilmesi önerilmiştir.

**2.4.2. Fen Öğretmenleri Mühendislik Tasarım Sürecini Nasıl Öğretiyor?** Tasarımla öğrenme (Design-based learning) öğrencileri tasarım zorluklarına sürükleyerek derin ve uzun süreli bir bilim anlayışının şekillenmesini sağlamaktadır. Tasarımla öğrenme grupların yüzleştikleri probleme çözüm bulmaya çalıştığı ve her grubun tasarım zorluğunu farklı açılardan ele almasına, kendi belirlediği değişkenleri araştırmasına ve farklı ürünler ortaya çıkarmasına olanak tanındığı bir süreçtir. Süreçte tasarım çalışmalarını tamamlayan grupların bir araya gelmesi ve araştırdıkları değişkeni ve elde ettikleri bulguları paylaşması bu

değişkeni göz ardı eden gruplar için bir farkındalık ve bu değişkeni araştıran farklı gruplar için ise bulguların karşılaştırılması anlamına gelmektedir. Bu durum, tasarıma dahil edilmesi gereken temel tasarım özelliklerinin neler olduğunu tüm sınıfın görmesini sağlamaktadır. Mühendislik tasarım sürecinde, fen öğretmenleri belirledikleri temel kuralları, öğrencilerden belli formatlar doğrultusunda öğrenmelerini ister. Böyle bir formatta temel kurallar 1) ne (içinde çalıştığımız eylemi, tasarımı veya seçimi açıklayın), 2) kullan, 3) birleştir, 4) inşaa et, 5) çalıştır, 6) ölç (önerinizi veya yönteminizi listeleyin) ve 7) çünkü (öneriyi destekleyen bilim ilkelerini veya konseptleri listeleyebilir veya temin edebilirsiniz) şeklinde belirtilmiştir. Bu temel kurallar kullanıldığında öğrencilerin tasarımlarında gerçek dünyanın somutluğu ile soyut Fen yasaları arasında bir köprü kurulacağı belirtilmiştir (Ryan, Camp, & Crismond, 2001).

Bir diğer örnekte Schunn (2009) çocukların mühendislik beceri ve kavramlarını ancak sistematik uygulamalar yoluyla kazanabileceğini, bu yüzden çocukların en başından itibaren tasarım problemleri ile meşgul olmaları gerektiğini belirtmiştir. Schunn, mühendislik tasarımının akıl yürütme ve çok sayıda değişkeni bir arada göz önünde bulundurmaya gerektiren karmaşık ve soyut adımlar içermesi nedeniyle tasarımın somut modeller ile desteklenmesi gerektiğini ifade etmiştir. Ayrıca öğrencilerin verilen problem için birden fazla kez tasarım döngüsünü tecrübe etmelerinin, mühendislik kavramlarını ve becerilerini kazanma ve tasarımın yinelenen bir süreç olduğunu fark etme açısından önemli olduğunu vurgulamıştır.

Öte yandan öğrencilerin temel tasarım görevlerine başlamadan önce konu ile ilgili okumalar yaparak ve tasarım yapacakları konuda önceden var olan tasarımları inceleyerek (Apedoe, Reynolds, Ellefson, & Schunn, 2008) büyük tasarıma geçmeden önce mini tasarım çalışmaları ve mini araştırmalar yapmaları (Bozkurt Altan, Yamak, & Buluş Kırıkkaya, 2016) ve konu hakkındaki bilimsel ve matematiksel bağlamı öğrenmesi önerilmektedir.

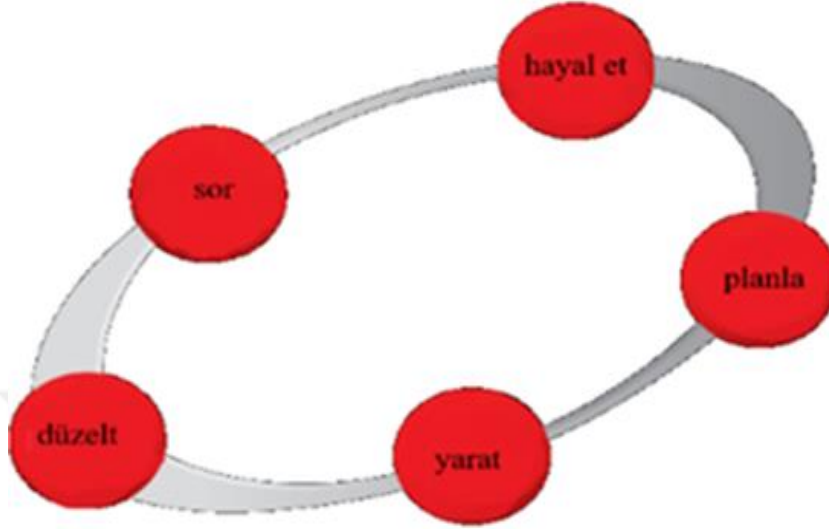
Öğrencileri mühendislik tasarımı görevleriyle yüzleştirmek, öğrencileri mühendislik fikrine çekmek için kullanılmaktadır. Ayrıca bu görevler ve problemler ile öğrenciler, bilim ve tasarım arasındaki bağlantıyı deneyimlerler. Mühendislik tasarım görevleri, öğrencilere öğrendikleri bilim ve matematiği insanların hayatını daha iyi hale getirmek için kullanma fırsatı sunarken, öğretmenlere de öğrencilerin tasarım zorluluğunun üstesinden gelmek için kullanabilecekleri kavramları içeren fen ve matematik derslerini yapılandırma imkanı tanımaktadır. Mühendislik tasarım görevleri, ilgili problemi çözebilmek için öğrencilerin mühendislik tasarım sürecini kullanmalarını gerektirmektedir (Hill-Cunningham, Mott, & Hunt, 2018).

Şekil 3'te Boston Bilim Müzesi (Engineering is Elementary [EiE], 2018) tarafından geliştirilen, mühendislik tasarım görevlerinin sınıfta uygulanması için kullanılan bir mühendislik tasarım süreci gösterilmiştir. Bu modelin 'Sor' basamağında problemin ne olduğu hakkında düşünülür, probleme yaklaşım tarzları incelenir ve kısıtlamalar belirlenir. 'Hayal et' basamağında probleme farklı yollardan yaklaşılr, en iyi çözümü bulmak için uğraşılır. Beyin fırtınası yaparak fikirler ortaya atılır ve en iyi çözüm seçilir. 'Planla' basamağında öğrencilerden modellerini oluşturmaları ve diyagram çizmeleri beklenir. 'Yarat' basamağında öğrenciler yaptıkları plan doğrultusunda oluşturdukları modelleri test ederler. 'Düzeltil' basamağında ise modelde ne iyi çalışıyor, modelin aksayan bir tarafı var mı, model daha iyi hale getirilebilir mi sorularına cevap aranır. Bunun sonucunda gerekli düzeltmeler yapılır ve model yeniden test edilir.

Şekil 3.

*İlköğretim öğrencileri için mühendislik tasarım süreci*

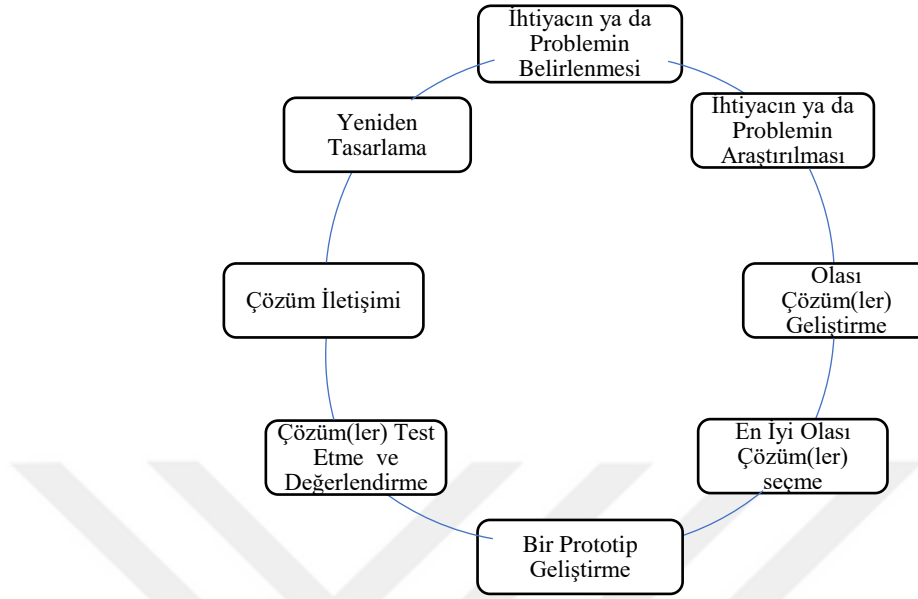
(<https://www.eie.org/overview/engineering-design-process>)



Li, Huang, Jiang ve Chang tarafından (2016) ise Massachusetts Eğitim Biriminin 2006 yılında Massachusetts K – 12 müfredatı çerçevesinde temel aldığı mühendislik tasarım süreci üzerinde çalışmışlardır. Temel alınan ve Şekil 4’te gösterilen bu modelin 1) İhtiyacın ya da problemin belirlenmesi, 2) İhtiyacın ya da problemin araştırılması, 3) Olası çözüm(ler) geliştirme, 4) En iyi çözüm(ler) seçme, 5) Bir prototip geliştirme, 6) Çözüm(ler) test etme ve değerlendirme, 7) Çözüm İletişimi ve 8) Yeniden tasarlama olarak sekiz adımdan oluştuğu belirtilmiştir. Ancak sınırlı süre verilen Fen dersleri sürecinde öğrencilerin tüm çevrimi deneyimlemelerinin güç olacağı ve modelde yer alan ‘çözüm iletişimi’ ve ‘yeniden tasarlama’ aşamalarının tüm tasarım süreci boyunca yer aldığı gerekçelerine dayanarak modelin sınıfta pratik kullanım için beş aşamalı şekilde basitleştirildiği ifade edilmiştir (Li ve diğerleri, 2016). Bu basitleştirilmiş versiyon ise Tablo 2’de gösterilmiştir.

Şekil 4.

Massachusetts mühendislik tasarım süreci (Massachusetts Eğitim Birimi, 2006)



Tablo 2.

Li ve diğerlerinin 2016 yılındaki çalışmalarında kullandıkları model

Adımlar	Mühendislik Tasarım Süreci	Açıklama
1	Bir problem bul	Öğrencilerden hangi mühendislik koşullarının mevcut olduğunu ve neyin hala çözülmesi gerektiğini anlayarak, mühendislik tasarımındaki zorlukları ve problemleri çözmeleri istenir.
2	Olası çözümler geliştir	Öğrenciler, kapsayıcı tasarım zorluğu için gereken bilgi ve becerileri kullanan olası çözümleri geliştirmelidir.
3	Optimal çözüme karar ver	Öğrencilerin bulgularının tüm olası çözümler için tasarım konusunda karar verme süreçlerini nasıl bilgilendirdiklerini dikkate almaları gerekmektedir.
4	Bir prototip oluştur	Öğrenciler, kapsayıcı tasarım zorluğunun gereksinimlerini karşılayan bir eser inşa etmek için gruplar halinde çalışmaya atanırlar.
5	Prototipi test et	Öğrencilerden, kapsamlı tasarım zorluğu çözümlerini test etmeleri ve geliştirmeleri istenir ve nasıl çalıştığına dair bir açıklama sunulur.

### 3. Bölüm

#### Yöntem

##### 3.1. Araştırmanın Modeli

Yapılan çalışmada mühendislik bölümü öğretim üyeleri ile yapılan görüşmeler üzerinden öğretim üyelerinin mühendislik tasarım süreci ve bu sürecin öğretimi ile ilgili inançları nitel bir desende temellendirilmiş teorinin (grounded theory) bileşenlerinden yararlanılarak incelenmiştir.

##### 3.2. Çalışma Grubu (Evren ve Örneklem)

Çalışmada Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi öğretim üyelerinden bir grup çalışma grubu olarak seçilmiştir. Bu grubun şekillenmesinde uygunluk örneklemesine (Creswell, 2012) dikkat edilirken belli kriterlerden yararlanmıştır. Bu kapsamda;

- 1) mühendislik fakültesindeki tüm bölümlerden en az birer öğretim üyesinin katılması,
- 2) öğretim üyelerinin en az doktora düzeyinde eğitime sahip olması ve bölümde mühendislik derslerini yürütmesi, ve 3) ilgili mühendislik alanında aktif araştırmalar yapması kriter olarak belirlenmiştir.

Belirtilen fakülte'deki öğretim üyelerinden öncelikle dünya genelinde ve Türkiye'deki mühendislik fakültelerinde sıklıkla gözlenen endüstri, inşaat, makine, çevre, bilgisayar ve elektrik-elektronik bölümleri seçilmiş ve bu bölümlerden en az iki öğretim üyesi olmak üzere görüşme konusunda email yazışmaları yapılmıştır. Bu email yazışmalarına sadece bir öğretim üyesi olumlu yanıt vermiştir. Bundan sonraki aşamada ise aynı bölümlerden ikişer sayıda olmak üzere yeni öğretim üyeleri ile telefon yoluyla iletişime geçilmiştir. Bu süreçte de bazı öğretim üyelerinin derste olması ya da yoğun olduklarını bildirmelerinden dolayı sadece iki öğretim üyesi çalışmaya katılma noktasında istekli olmuştur. Son aşamada ise her bir bölümden yine ikişer yeni öğretim üyesinin doğrudan odalarına gidilmiş ve çalışmanın içeriği anlatılarak gönüllü olup olmayacakları sorgulanmıştır. Bunun sonucunda ise dört yeni öğretim

üyesi çalışmaya katılmıştır. Sonuç olarak bakıldığında belirtilen her bir bölümde birer öğretim üyesi, yalnız makine mühendisliği bölümünde iki öğretim üyesi olmak üzere toplamda yedi öğretim üyesi çalışmanın çalışma grubunu oluşturmuştur. Ayrıca Tablo 3'te çalışma grubunu oluşturan öğretim üyeleri ile ilgili bazı demografik bilgiler paylaşılmıştır.

### 3.3. Veri Toplama Araçları

Çalışmada veri toplama aracı olarak yarı-yapılandırılmış bir görüşme formu oluşturulmuştur. Bu formda yer alan altı soru aşağıda verilmiştir:

1. Lisans, Yüksek Lisans ve Doktora bilgilerinizi paylaşabilir misiniz?
2. Genel çalışma alanlarınız nelerdir?
3. Mühendislik tasarım sürecini/basamaklarını başlangıç anından bir ürünün ya da çözümün ortaya çıkmasına kadar olan süreçte bir kağıda çizerek gösterir misiniz? Her bir basamakta neler yapıldığını açıklayabilir misiniz?
4. Yukarıda açıkladığınız mühendislik tasarım sürecini son dönemde hazırlamış olduğunuz bir makale/proje ya da ürettiğiniz bir teknoloji üzerinde tekrar anlatabilir misiniz? Diğer bir deyişle oluşturduğunuz mühendislik tasarım sürecini bir örnek üzerinde yeniden açıklar mısınız?
5. Çizmiş olduğunuz mühendislik tasarım sürecini ortaokul öğrencilerine öğretmek istesek ne gibi basitleştirmeler yapmamızı önerirsiniz?
6. Ortaokul öğrencilerine mühendislik tasarım sürecini öğretmemizin onlara ne gibi olumlu veya olumsuz etkileri olacağını düşünüyorsunuz?

Soruların hazırlanma sürecinde bu çalışmanın amacı ile uyumlu olacak şekilde Mühendislik Fakültesi öğretim üyelerinin mühendislik tasarım süreci ile ilgili inançlarını ortaya çıkarmak için iki soru (üç ve dördüncü sorular), bu tasarım sürecinin ortaokul öğrencilerine öğretilmesi noktasında yapılacak basitleştirmeler ile ilgili bir soru (beşinci soru) ve bu sürecin öğretiminin ortaokul öğrencilerine muhtemel etkileri ile ilgili bir soru (altıncı



soru) düşünölmüştür. Ayrıca öğretim üyelerinin eğitim geçmişleri ve çalışma alanları ile ilgili görüşmenin girişinde iki soru sorulmuştur.

Oluşturulan sorular Fen eğitimi ve STEM alanlarında araştırmalar yapan bir öğretim üyesine kapsam açısından, Türkçe eğitimi üzerinde çalışan bir öğretim üyesine ise anlam ve görünüş açısından sorulmuş ve birkaç sınırlı düzeltme dışında soruların kullanılmasının uygun olduğu kararlaştırılmıştır.

### **3.4. Verilerin Toplanması ve Çözömlenmesi**

Görüşmeler öğretim üyelerinin ofislerinde gürültüden uzak bir zaman diliminde gerçekleştirilmiş ve ses kaydı alınmıştır. Daha sonraki süreçte ise ses kayıtlarının transkriptleri çıkarılmış ve bu transkriptler araştırmacı ve danışman öğretim üyesi tarafından birbirinden bağımsız bir şekilde temellendirilmiş teorinin tematik gruplamaları (Creswell, 2012) kullanılarak analiz edilmiştir.

Bu analiz sürecinde öncelikle öğretim üyesinin cevabını temsil edilen inançlar seçilmiştir. Bir sonraki basamakta ise farklı öğretim üyelerinin aynı soruda kullandıkları inançlar kıyaslanmış ve tematik bir gruplama yapılmıştır. Son basamakta ise her bir temadaki inançları temsil eden örnek ifadeler ve alıntılar seçilmiştir.

Öte yandan analizin güvenilirliği açısından iki farklı araştırmacının yapmış olduğu seçimler ve tematik gruplamalar bu kişilerin yan yana geldiği bir toplantıda tartışılmış ve % 100 uyumun sağlanması kadar bireyler arasındaki tartışmalara devam edilmiştir.

Tablo 3.

Çalışma grubuna katılan öğretim üyelerine ait bazı demografik bilgiler

No	Branş	Ünvan	Lisans	Yüksek Lisans	Doktora	Çalışma Alanı
1	İnşaat Mühendisi	Prof. Dr.	Orta Doğu Teknik Üniversitesi Müh. Fak. İnşaat Mühendisliği	Louisana State Üniversitesi ABD Malzeme mekaniği	Louisana State Üniversitesi ABD Malzeme mekaniği	Malzemelerin mekaniksel davranışlarını modellemek
2	Endüstri Mühendisi	Doç.Dr.	Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Endüstri Mühendisliği	Uludağ Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Endüstri Müh. ABD Tezli Y.L. konusu: Bilgi toplama ve arama motorları, Tezsiz Y.L.ABD' de Yön Eylem Araştırması	Industrial Engineering & Operations Research Pennsylvania State University Pennsylvania, A.B.D. Yön Eylem Araştırması	Yön Eylem Araştırması
3	Makine Mühendisi	Doç.Dr.	Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Makine Mühendisliği	Uludağ Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Makine Müh. A.B.D. Y. L. tez konusu: Helisel Dişli Çarkların Boyutlandırılmasında Bilgisayar Desteği	Uludağ Üniversitesi, Fen Bil. Ens., Makine Müh. A.B.D. Doktora tez konusu: Asimetrik Evolvent Yapıya Sahip Düz Dişli Çarkların Analizi	Makine elemanları tasarımı ve analizi Özel uzmanlık alanı dişli çarklar
4	Çevre Mühendisi	Doç.Dr.	Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği	Uludağ Üniversitesi, Fen Bil.Ens., Çevre Müh. A.B.D. Y. L. tez konusu: Katı atık depolama sahalarından çıkan metanın belirlenmesi ve elektrik üretimi	Uludağ Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği A.B.D. Doktora tezi konusu Arıtma çamurlarının Güneş enerjisi ile kurutulması	Katı ve Tehlikeli Atıklar, Atık su Arıtımı Atık su Arıtma Çamurları,

5	Makine Mühendisi	Prof.Dr.	Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Makine Mühendisliği	Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Makine Mühendisliği A.B.D. Y. L. tez Konusu: Üretimin Bilgisayar Destekli Kontrolü	Uludağ Üniversitesi. Fen Bil. Ens. Makine Mühendisliği A.B.D. Tez Konusu: Kurgu Planlama ve Modüler Aparat Tasarımında Unsur Kullanımı	Bilgisayar Destekli Tasarım ve Analiz Sonlu Elemanlar Yöntemi, Yapısal Optimizasyon Yöntemleri
6	Bilgisayar Mühendisi	Doktor Öğretim Üyesi	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilgisayar	Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği A.B.D.	Orta Doğu Teknik Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği A.B.D.	Siber Güvenlik, WebRTC, VOIP, gömülü sistemler
7	Elektrik Elektronik Mühendisi	Öğretim Görevlisi	Uludağ Üniversitesi, Müh. Mim. Fak.Elektrik Elektronik Mühendisliği	Uludağ Üniversitesi, Fen Bil. Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği A.B.D.	Uludağ Üniversitesi, Fen Bil. Enstitüsü Elektrik Elektronik Mühendisliği A.B.D.	Elektronik devre tasarımı, optik ve optoelektronik, Nanoteknoloji

---

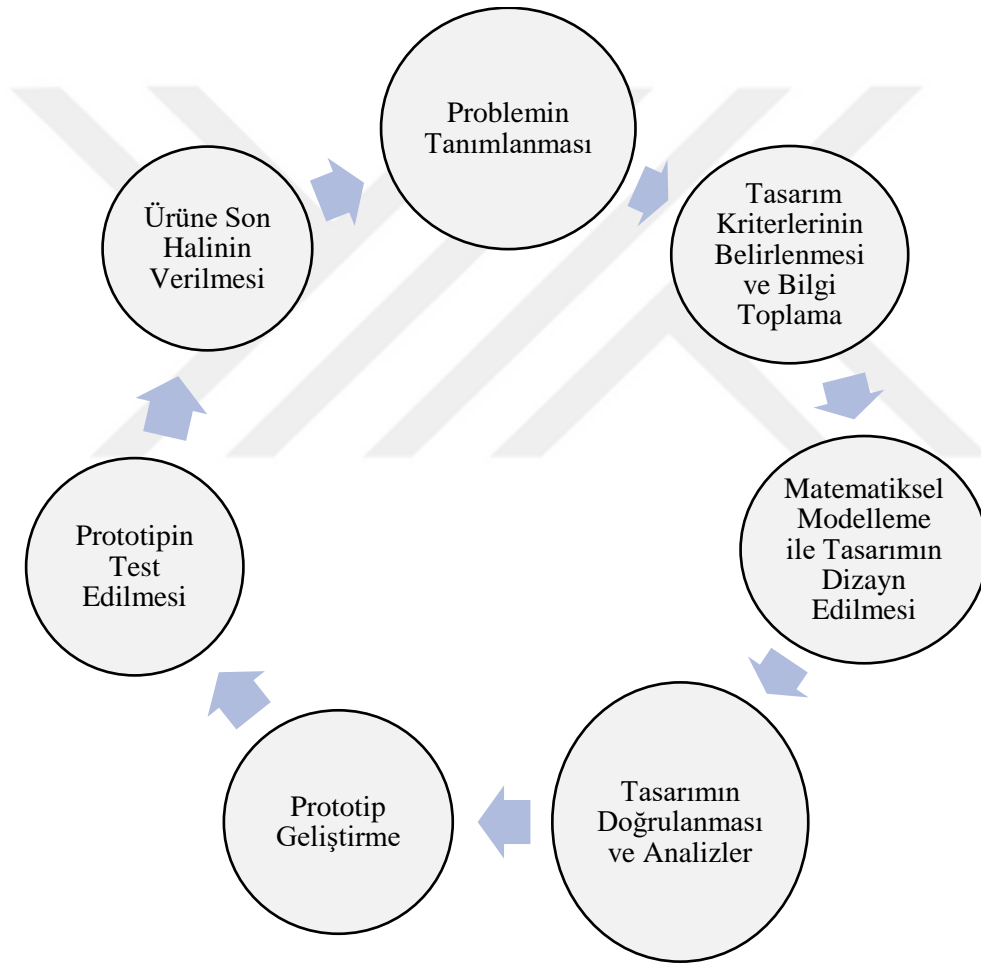
## 4. Bölüm

### Bulgular

#### 4.1. Mühendislik Alanında Öğretim Üyelerinin Mühendislik Tasarım Sürecinin Basamakları Hakkındaki İnançları

Şekil 5.

*Öğretim Üyelerinin Mühendislik Tasarım Sürecinin Basamakları Hakkındaki İnançlarından Elde Edilen Bulgulardan Ortaya Çıkan Mühendislik Tasarım Süreci*



Mühendislik alanı öğretim üyelerinin mühendislik tasarım sürecinde yer alan basamaklar hakkındaki inançları bir araya getirilerek Şekil 5'te verilen basamaklar zinciri oluşturulmuştur. Aşağıda her bir basamak mühendislerin ifadeleri verilerek açıklanmıştır.

Mühendislik tasarım sürecinin aşamalarını anlatmaları talep edilen mühendislerin geneli, ilk olarak bir fikrin oluşturulması ve **problemin tanımlanması** aşaması ile sürece başlamıştır. Örneğin bir makine mühendisi *sürecin en başında bir fikir aşamasının* olduğunu, *bu fikrin ise bir problemin veya bir ihtiyacın karşılanması için ortaya çıktığını* belirtmiştir. Bir bilgisayar mühendisi de *tasarım sürecinin bir fikirle başladığını* ifade etmiş, *problemin ne olduğunun anlaşıldığını ve problemden gereksinim analizinin yapıldığını* belirtmiştir. Başka bir makine mühendisi ve bir endüstri mühendisi ise *mühendislik tasarım sürecinin ilk aşamasını problemin tanımlanması* olarak ifade etmiştir. Bir çevre mühendisi ise *Bizim mühendislik tasarımı ile ilgili birkaç yaklaşımımız var. Bunlardan kara kutu yaklaşımı, birkaç modelden bir tanesidir. Girenler ve çıkanlar ile ilgili bir yapı oluşturmaya çalışırız ve bu aradaki süreci tasarlayan kişilerdir mühendis* tanımlamasını yapmıştır.

Diğer mühendislerden ayrı olarak mühendislik tasarım sürecini farklı bir boyutta ele alan bir elektrik elektronik mühendisi tasarım sürecinin başlayabilmesi için tasarımı yapacak kişi hakkında: *Bir kere tasarımı yapacak kişinin buna hazır olması gerekiyor... Teorik bilgi olarak çok sağlam bir teorik bilgisi olması, konuları özümsemiş olması gerekiyor... Hani ganosu 4.00 olan öğrenci midir bu dersiniz, tam anlamıyla birebir örtüşen bir konu değil. İkincisi her şeyden önce bir merak olması gerekiyor. Çünkü bu konuda kişinin isteği, talebi yoksa, arzusu yoksa olmuyor* ifadelerini kullanmıştır.

İki makine mühendisi, bir elektrik elektronik mühendisi ve bir bilgisayar mühendisi için tasarım sürecinin ikinci aşaması **tasarım kriterlerinin belirlenmesi ve bilgi toplama** olmuştur. Mühendisler bu aşamada kıstasların, isteklerin, ihtiyaçların ve amaçların belirlenmesi, literatür analizi yapma, patentleri ve mevcut durumu inceleme ve rakip analizi yapma faaliyetlerinde bulduklarını aktarmışlardır. Örneğin bir elektrik elektronik mühendisi problemin tanımlanmasından sonra *istenenler ve kısıtlamaların belirlenmesi aşamasını* vurgulamıştır. Tasarım için istenenlerin maliyet, ebat ve bunun gibi kıstasların tasarıma

başlamadan önce belirlenmesinin, emek ve zaman kaybı yaşanmaması adına önemli olduğunu vurgulamış ve şu örneği vermiştir: *‘Şu an çalıştığımız bir proje var. Daha önce bir tasarım yapmıştık. Sistem çalışıyordu... Ancak tasarım yapmamızı bekleyen firma ile maliyet konusunda anlaşamadık... Bir daha başa döndürmek zorunda kaldık tasarım aşamalarını... Yani orada bizim tecrübesizliğimizdi. Normalde ilk başta koymak gerekiyor istenenler ve kısıtlamaları. Şimdi artık öyle yapıyoruz.*

Bir makine mühendisi ise bu aşamayı *düşündüğümüz fikre yakın herhangi bir fikrin mevcut olup olmadığı, varsa korunup korunmadığı, yani birileri tarafından patentlenip patentlenmediği bu aşamada kontrol edilir veya rakip bir ürün veya rakip firma ürünü nasıl tasarlamış buna bakılarak tersine mühendislik işletilebilir* şeklinde açıklamıştır. Bir inşaat mühendisi ve bir çevre mühendisi ise *tasarım sürecinin ilk aşaması bilgi toplama* şeklinde ifade etmiştir. Mühendislik tasarım sürecini diğer mühendislere göre daha detaylı olarak ele alan bir endüstri mühendisi ise bilgi toplama aşamasını dördüncü aşama olarak belirtmiştir. Bu aşamadan önce ikinci aşama olarak *amaçların ve proje planının belirlenmesi*, üçüncü aşama olarak ise *kavramsal model oluşturulması* aşamalarına yer vermiştir.

Mühendislerin mühendislik tasarım süreçleri incelendiğinde bilgi toplama aşamasından sonra **matematiksel modelleme ile tasarımın dizayn edilmesi** aşamasına geçtikleri görülmüştür. Bu noktada tasarım olarak ya matematiksel modelleri ya da bu modelleri kullanarak geliştirdikleri fiziksel modeller ya da çizimlerden yararlanmaktadırlar. Bir çevre mühendisi bu aşama ile ilgili olarak *... tasarımı gerçekleştirmeden önce ... örneğin yönetmelikler, tasarım kitapları, stokiyometrik denklemler gibi birden fazla şey kullanabilirsiniz kriterlerinizde. Bu kriterlerinize göre tasarım aşamasına geçersiniz* açıklamasını yapmıştır. Ayrıca bu çevre mühendisi, tasarımı dizayn ederken matematiksel model kullanmanın yapılması gereken deney sayısını azalttığını ve maliyeti düşürdüğünü ifade etmiştir. Kendisi *herhangi bir stokiyometrik denklemi, matematik modeli geliştirmemizin*

*bizdeki amacı şu: Biz her deneyi defalarca yaparak deneye deneye, deneme yanılma yoluyla bir sonuca ulaşabiliriz. Ama bizim kullandığımız başka bir yöntem var. Deneysel tasarım diyoruz biz buna. Deneysel tasarımın mantığı şu. Biz herhangi bir veriye ihtiyacımız var mı, hangi verilere ihtiyacımız var, bunların kaçını tekrarlarsak doğru sonuca ulaşırız diye aslında önceden kurgulamamız gerekiyor. Herhangi bir çalışma ile ilgili binlerce farklı veri olabilir ve binlerce farklı veri içerisinde çalışma yapıp en iyi üretimi yapabilirsiniz ama çok uzun ve çok maliyetli olur. Bizim çalışmalarımızın mantığı tekrarlanabilir olduğunu anladığımız verilerle bir matris oluşturuyoruz, bu tabi bilgisayar modellerde daha fazla. O matrislerin veriler ve onlardan alacağınız çıktılar ile ilgili hangileri benim ihtiyacımı görüyor onu belirliyoruz. Ona göre de diyoruz ki standart daha önce yapılmış bir matematik çalışma, bir formül bunun üzerinde bizim verilerimizle bunu doğrulayabilir miyim diye uğraşıyoruz. Bu o kadar avantaj sağlıyor ki bize. Bir yapacağımız deney sayısı azalıyor, iki bu modelin doğruluğunu ispat ediyorum demiştir.*

*Bir makine mühendisi ise önceleri deneme yanılma yolu bizim için en önemli yoldu. Fakat şu anda kullandığımız sayısal analiz metodları bizim için deneme sayılarını ve zamanı kısalttı... Matematiksel modeller, ürünün ortaya çıkarılmasında şartları daha önceden görebilmeyi sağlıyor demiştir. Bir endüstri mühendisi matematiksel modellerle ilgili olarak matematiksel modeller özellikle endüstri mühendisliği ve yön eylem çalışmaları için çok önemli. Biz neredeyse sadece matematiksel modeller ile çalışıyoruz. Bir takım mühendisler fiziksel modelleri de kurguluyor...bir ürün ortaya çıkartıyor... fiziksel olarak onlar üzerinde analizler yapıyor olabilirler. Ama matematiksel modeller bizim için o sistem daha yokken, gerçek hayatta hiç olmayan bir şey de olabilir, ...onu matematiksel model kurgulayarak yapabiliriz...Olursa ne olacağını biz formülize etmeye çalışırız...Eğer matematiksel modelleri doğru kurgulayabilirsek... daha o olmadan onun olması durumunda nasıl önlem almamız gerektiğini tespit etmeye çalışıyoruz, matematiksel modeller bize bu şekilde faydalar sağlıyor*

açıklamasında bulunmuştur. Bir bilgisayar mühendisi ise matematiksel modeller hakkında *matematiksel modeller bize matematiksel düşünemeyi öğretiyor, eleştirel düşünmeyi öğretiyor. Bir problem ile karşılaştığında ben bu problemi nasıl çözebilirim? Kafada otomatik olarak matematiksel düşünüyorsunuz. İlla ki türev, integralden bahsetmiyorum. Problem nasıl çözülür? Adım adım çözülmesi gerekir, ileri geri gidilmesi gerekir gibi. Problemi çözmek için bir takım kavramlar ve bu kavramların öğrenilmesi gerekir. Bunların hepsinin bir araya toplanıp sonra bunların hepsinden çözüme gidilmesidir, matematiksel düşünmeyi ben öyle algılıyorum. Yoksa hayatımda problem çözerken türev, integral almıyorum demiştir.*

Başka bir makine mühendisi ise matematiksel modelleri *matematiksel modeller, parçanın fiziksel çalışma şartlarını dikkate alarak parçayı üretmeden matematiksel denklemler ile gerçekte nasıl davrandığını ortaya koyan yaklaşık modellerdir. Parçanın üretilmeden farklı çalışma koşulları altında davranışı modellenir. İstenen performansı verip vermediği bu denklemler çözülerek ortaya koyulur, varsa problemler görülür ve ona göre önlemler alınır* şeklinde açıklamıştır.

Bir inşaat mühendisi ise kendi mesleği için matematiksel modellerin çok önemli olduğunu, hesaplamasız hiç bir iş yapmadıklarını ifade etmiştir. Kendisi *inşaat mühendisi hesaplayan kişi anlamına geliyor. Bizim kalfadan, işçiden veya normal birinden ayırdığımız nokta bu. Yani tecrübeye değil de işin matematiğine dayalı işler yapıyoruz, onun için olayın projelendirme kısmı tamamen bizim bu kullandığımız oluşturulan matematiksel modeller üzerine geliştiriliyor ve onlara dayalı olarak biz binalarımızın ne kadar yük taşıyabileceğini, kapasitelerini ve bunun için kullanmamız gereken malzeme miktarlarını bu modellere bağlı olarak hesaplıyoruz. Dolayısıyla matematiksel modeller bizim inşaat mühendisliği için vazgeçilmezlerimiz oluyor. Onlarsız bir şey yapamıyoruz* şeklinde ifade etmiştir. Bu yorumlardan hareketle mühendislerin tasarımın oluşturulması sürecinde matematiksel modeller kullandıkları, bu modeller ile verilere ulaştıkları, ulaştıkları verilerden sonuçlar



çıkarak süreçte tasarım aşamasına geldikleri görülmüştür. Kısaca ifade etmek gerekirse tasarım kriterlerinin belirlenmesi ve matematiksel modellemeler aşamasından sonra tasarım aşaması başlamaktadır. Tasarım aşamasını bir makine mühendisi *imalattan önceki son aşamadır. Ortaya çıkarılan fikir artık ürüne dönüşmek üzeredir*, başka bir makine mühendisi ise *tasarımın boyutları ve şekli ortaya çıkar* olarak ifade etmiştir. Bir çevre mühendisi ise tasarım aşamasını *tamamen bütün bu kriterlere ve sizin istenen çıktularınıza bağlı olarak yürüyen bir süreçtir* olarak tanımlamıştır ve şu hatırlatmayı yapmak istediğini belirtmiştir: *Aslında gazetecilerin sorduğu 5N1K var ya onun farklı versiyonlarını mühendis de sorar. Hani ne, nerede, ne zaman, niçin sorularını tasarımın içerisinde gerek veri derlemede, gerek tasarım kriterlerinin belirlenmesinde, gerekse tasarımın her aşamasına katarak gitmede fayda görüyorum.*

Bir önceki aşama sonucunda bir tasarım ya da model elde ettiklerini belirten mühendisler, bu ürünün, bu tasarımın üzerinde testler, **analizler yapılarak tasarımın doğrulanmasının** gerektiğini ifade etmişlerdir. Bu aşamayı bir çevre mühendisi *test aşaması* olarak, bir makine mühendisi *tasarımın doğrulanması yani bilgisayar ortamındaki sanal analizler* olarak, bir endüstri mühendisi ile bir inşaat mühendisi ise *tasarım modelinin analizi* olarak adlandırmıştır. Mühendisler her ne kadar farklı sözcükler kullanarak bu aşamayı izah etseler de, mühendislerin ortak olarak aynı şeyi ifade ettikleri, modelin doğrulanması ve analiz aşamasını kast ettikleri anlaşılmaktadır. Bir bilgisayar mühendisi ise diğer mühendislerden farklı olarak tasarı aşamasından sonra kodlama aşamasına yer vermiş, kodlama aşamasından sonraki evrenin ise kodlamanın test edilmesi aşaması olduğunu belirtmiştir.

Tasarım üzerindeki analizler tamamlandıktan ve sonuçlardan memnuniyet sağlandıktan sonra eğer somut, fiziksel bir ürün oluşturma gerekliliği varsa **prototip geliştirme aşamasına** geçildiği görülmüştür. Bir inşaat mühendisi, bir çevre mühendisi, bir elektrik elektronik

mühendisi ve iki makine mühendisi tasarımın analiz sürecinin ardından prototipin geliştirilmesi aşamasının geldiğini ifade etmiştir. Bir elektrik elektronik mühendisi *örneğin bir devre tasarımı gerçekleştiriyoruz. Kağıt üzerinde tasarım yapmak veya simülasyon oluşturmak açıkcası çok yeterli olmuyor. Onu reel olarak gerçekleştirmek gerekir* demiştir. Bir çevre mühendisi *test sürecinden sonra eğer bundan başarılı olursa; evet veya hayır bir algoritmasını oluşturuyorsunuz, kullanıma sunarsınız. Bu ilk prototip olarak tabir ettiğimiz yapı olabilir* açıklamasını yapmıştır. Bir endüstri mühendisi ise endüstri mühendisliğinin klasik mühendisliklerden farklı olduğunu vurgulayarak *... benim alanım yöneylem araştırmaları olduğu için özellikle benim alanımı birazcık daha matematik mühendisliği gibi düşünebiliriz. Gerçekte endüstri mühendisliği kendi alanlarında daha geniş bir yelpazeye sahipse de benim ilgili olduğum alanda özellikle elde edilen fiziksel bir ürün olmuyor* şeklinde açıklama yapmıştır.

Prototip geliştirildikten sonra tasarım sürecinde **prototipin test edilmesi** aşamasına geçildiği görülmüştür. Bu aşamanın mühendislerin ürünü sürekli sınıdığı, mümkünse kullanıcıların hizmetine sunarak kullanıcılardan dönüt topladığı bir aşama olduğu söylenebilir. Bir makine mühendisi prototip oluşturulduktan sonra laboratuvar ortamında çeşitli testlerin yapılması gerektiğini belirtmiştir. Testler sonucunda elde edilen sonuçlar uygun değil ise tasarım boyutları, malzeme değişikliği, üretim yöntemi değişikliği yapılabileceğini ifade etmiştir. Gerekli iyileştirmelerin yapılması için çalışmak gerektiğini, belki de tasarımın yeniden güncellenmesi gerektiğinin altını çizmiştir. Bir çevre mühendisi ise *Prototipe bir kullanım süresi verirsiniz ve bu kullanım süreci boyunca yine dönütler alırsınız. Durmadan veriyi kendi içinde onaylamaya çalışırsınız* demiştir. Başka bir makine mühendisi prototipin testlerden geçirildiğini belirtmiş, *ürünün dayanım, ömür ve regülasyonlar gereği istenen farklı değerlendirmelerin yapıldığını* ifade etmiştir.

Son aşamada prototip üzerinde yapılan testlerden elde edilen sonuçlar beklendiği gibi ise tasarım sonuçlandırılır denilmektedir. Mühendislerin tasarım sürecini **ürün** ile sonlandırdıkları görülmüştür. Bu ürünü üretime hazır, pazara sunulabilecek ve müşteri bekleyen bir ürün olarak nitelendirmişlerdir.

#### **4.2. Mühendislik Alanı Öğretim Üyelerinin Ortaokul Öğrencilerine Mühendislik Tasarım Sürecinin Öğretilmesi Sürecinde Yapılacak Basitleştirmeler Hakkındaki İnançları**

Bir çevre mühendisi, mühendislik tasarım süreci ile ilgili öncelikle temel kavramların öğrencilere iyi şekilde anlatılması gerektiğini, öğrencilerin konu hakkında teorik bir bilgiye sahip olması gerektiğini belirtmiştir. Sonrasında konunun tahtada basit çizimler veya sınıfa konu ile ilgili getirilen çeşitli çizimler ile görselleştirilebileceğini ifade etmiştir. Bundan sonraki süreçte ise gerekli teorik bilgiyi kazanmış olan çocuğa bir hedef veya bir meydan okuma verilmesi gerektiğinin altını çizmiştir. Kendisi *yurt dışında mühendislik eğitiminde bütün temel mühendislik derslerini verdikten sonra bir hedef koyuyorlar, bir meydan okuma veriliyor. Diyor ki, ben eriği kurutmak istiyorum, ben atık çamurumu kurutmak istiyorum, ben domatesi kurutmak istiyorum. Sen bana ne önerirsin? Temel dersleri almış, termodinamik almış, akışkanları almış, mühendislik matematiğini vermişsin çocuğa onları biliyor, düşünceyi size bırakıyor. Diyor ki ben domates kurutmak istiyorum bana çözümle gel. Bunu ortaokul öğrencisine de yapabilirsiniz* demiştir. Ayrıca kendisi, çocukların bilimin hayatımızı kolaylaştırmak adına bir teknolojiye, bir ürüne dönüştürmekle ilgili olarak kullanıldığını farkına varması gerektiğini ifade etmiş, çocukların öğrendikleri bilgileri kullanacakları proje tabanlı çalışmaların yapılabileceğini belirtmiştir.

Bir makine mühendisi ise ortaokul düzeyindeki öğrencilerin etrafında gördüğü, tanıdığı ürün sayısının, bildiği makine ve cihaz sayısının sınırlı olduğunu, aynı zamanda her çocuğun farklı çevrelerden, farklı yetiştirilme tarzlarından geldiğini belirterek tüm öğrencilere hitap

edecek bir ürünü seçmenin önemini vurgulamıştır. Kendisi *tüm öğrencilerin söylendiği zaman çok rahatlıkla anlayabileceği bir ürün olmalı yani traktör debriyajı dersiniz bunu kimse anlamayacak yani sokaktaki insan da anlamayacak, bunu çocuk da anlamaz. Dolayısıyla hepsinin kolaylıkla hayal edebileceği bir ürün seçilerek bu ürün üzerinden bu adımların anlatılması, yani temel olarak anlatılması hiç değilse, çocuğun hem durumu anlamasını kolaylaştıracaktır hem de ilerde düşünmesini, yani bu tarz düşünmeyi onun için kolaylaştıracaktır açıkcası. Ama en önemli şey hepsinin kabul edeceği, hepsinin hayatında kullandığı veya bilgisine sahip olduğu bir ürünü seçmektir demiştir.*

Bir inşaat mühendisi öğrencilere bazı konular ile ilgili animasyonların gösterilebileceğini, öğrencilerle küçük ölçekli çalışmalar yapılabileceğini ifade etmiştir. İnşaat mühendisliği 1. sınıf öğrenciler ile yapmış oldukları uygulamaların ortaokul düzeyine uyarlanabileceğini belirtmiştir. Kendisi *basit modüllerimiz yani ölçekleri küçültülmüş çalışmalar var. Bu çalışmalar ortaokul öğrencilerine gösterilebilir. Yani basit bina tasarımları olsun, bunların deprem analizleri olsun veya yine dediğim gibi farklı olarak yol, köprü, baraj gibi bunların basit, küçük modelleri oluşturulup öğrencilere gösterilebilir... Küçük maket projeler yaptırılabilir. Biz bunların wall conduct uygulamalarını mesela öğrencilerimizle birlikte makarnayla köprüler yaptık. Bunlar ortaokul düzeylerine çok rahat aktarılabilir. Kağıttan köprüler, köprü sistemleri yapabiliyoruz. Yine dediğim gibi baraj sistemleri oluşturulabilir, bunların maket şeklinde baraj sistemi nasıl çalışıyor? Sulama barajları var, hidroelektrik barajları var, bunlardaki mekanizmalar nelerdir? Bunlar basit şekillerle, basit oyuncak araçlarla yapılabilir. Bir de bilgisayar teknolojisi bu konuda çok gelişti. O inşaat tekniklerinin basit simülasyonları veya animasyonları hazırlanıp öğrencilere yani bir çizgi film düzeyinde veya bir cartoon dediğimiz basit çizgilerle anlatılabilir demiştir.*

Bir endüstri mühendisi *...ortaokul düzeyindeki bir öğrenci için muhtemelen en zor olabilecek şeylerden birisi spesifik bir yazılımın içinde kodlama ya da modellemenin bilgisayar*

*ortamında yapılması, modelin bilgisayar ortamına taşınması olacaktır. Zor olan kısım ya da anlatılması güç olabilecek kısmı bu olabilir. O zaman belki çizerek, belki imkanımız varsa animasyonlar hazırlayarak, yoksa da en azından tahtada adım adım çizerek... açıklamak ve bilgisayardaki o kodlama ve modellemenin detaylarına girmemek bence en mantıklısı olabilir açıklamasını yapmıştır.*

Bir elektrik elektronik mühendisi öğrencilere kodlama öğretilerek işe başlanabileceğini ancak bu konuda öğrencilerin faydalanabileceği mevcut bir yapının olmadığını belirtmiştir. Kendisi ... *bir tasarım merkezi kurulsa... bu tasarım merkezinde lisedeki, ortaokuldaki öğrenciler bir takım basit tasarımlar yaparlar. Burada kendileri ile bir kart tasarlayalım. Ama çocuk bir lego oyunu yazar gibi işte bir şey olduğunda ‘‘şuradaki ışık yanar gibi’’ uygulamalar yapsın. Bunları ortaokul seviyesinde, kodları da basit bir kod olacak şekilde, daha böyle satır satır şunu aç, şunu kapa, şunu yap, şunu ölç gibi adımları olan yazılım ve donanımın bir arada olduğu bir takım uygulamalar, oyun bazlı şeyler çoğunlukla ve bunlar bence gerekli. Ama malesef biz bunları yapmıyoruz şeklinde ifade etmiştir.*

#### **4.3. Mühendislik Alanı Öğretim Üyelerinin Mühendislik Tasarım Sürecinin Ortaokul Öğrencilerine Öğretilmesinin Onlara Yapacağı Muhtemel Etkiler Hakkındaki İnançları**

Öğretim üyelerinin inançları incelendiğinde ortaokul öğrencilerine mühendislik tasarım sürecinin öğretilmesinin öğrencilere olumlu etkisi olacağı görüşünün hakim olduğu görülmektedir.

Bir makine mühendisi tasarım geliştirme ve meslek seçimi konusunda olumlu etkileri olacağını ifade etmiştir. Kendisi *Kesinlikle olumlu etkisi olacaktır. Özellikle 3 boyutlu tasarım ve yazılımlarını kullanarak özgün tasarımlar yapabilir, eğer ileride mühendislik bölümlerinden birisini tercih edecekler ise bu deneyim ufuklarını açacaktır.* Bir elektrik elektronik mühendisi ise benzer şekilde meslek seçiminde ya da mühendislik alanına ilginin

şekillenmesinde olumlu etkilerin olacağını ifade etmiştir. Kendisi *Öncelikle o çocuğun içinde bir cevher olabilir. Biz o cevheri fark edebiliriz...Çocuğun içinde bir ateş yakabiliriz* demiştir. Bir endüstri mühendisi de benzer şekilde mesleğe olan ilginin şekillenmesinde etkili olabileceğini ifade etmiştir. Kendisi *Daha küçük yaşlarda bu mesleği gerçekten sevebilecek olan insanların küçük yaşlarda kendine hedef koyabilmesi açısından önemli olduğunu düşünüyorum, kendine ve ailesine, belki bunu yansıtabilecek durumda ise öğretmenlerine yansıtarak belki odaklanmış bir eğitim alma şansı da olabilir* demiştir.

Bir inşaat mühendisi ise meslek seçimine olumlu etkinin yanı sıra bir ürün ortaya koymanın yaratacağı mutluluğu ve motivasyonu vurgulamıştır. Kendisi *...öğrencilerin daha bilinçli bölüm seçeceklerini, daha seveceklerini yani daha bir organize şekilde bu alana yöneleceklerini düşünüyorum... Mühendisliğin en güzel tarafı elinizde bir ürün olmuş oluyor ve başkaları bu ürünü kullanmış oluyor. Siz o tasarladığınız, inşa ettiğiniz ürünü görünce kendinizde aşırı bir motivasyon meydana geliyor. O açıdan bu belki anlatılırsa çünkü her insan yaptığı eseri hem görmek hem de onun insanlığa faydasını hissetmek ister. Bu o yaşlardaki çocuklara gösterilir ve öğretilirse bence motivasyon daha fazla olacaktır* açıklamasını yapmıştır. Bir bilgisayar mühendisi ise öğrencilere mühendislik tasarım sürecinin öğretilmesinin, çocuğun matematiksel düşünebilmeyi, algoritmik düşünebilmeyi öğrenmesi açısından olumlu etkisinin olabileceğini belirtmiştir. Kendisi *eğer çocuklar tasarım kurallarını öğrenirlerse, algoritmik düşünmeyi öğrenirlerse ... ne yaptığını bilen insan sayısı daha çok artar* demiştir.

Bir makine mühendisi *Eğer ürün aşamaları doğru şekilde anlatılırsa belki hemen olmasa bile daha sonra çocuğun bunu uygulama imkanı olabilir. Günümüzde en önemli şey fikirdir. Fikir üretimi desteklenmelidir. Çocuklar hedefe yönelik koşturulmalı ve doğru yönlendirme yapılmalıdır* diyerek özellikle fikir üretimi noktasında öğrencilere olumlu etkisi olacağını ifade etmiştir. Bir çevre mühendisi ise ihtiyaç-ürün üretme ilişkisinin

kavranabileceğini ifade etmiştir. Kendisi *eğer fen dersinin herhangi bir bölümünde ihtiyaçlar ile ilgili kendisinin kafa yormasına ihtiyacı olduğunu görürse çocuk... ihtiyaçlarını kurgulamaya başlar. Hangi ihtiyaçlar var o ihtiyaca karşı neler üretilmiş onu sorgulamaya başlar. Sonra da bizim memleketin ihtiyacı ortaya çıkar. Daha çok fikir daha az malla üreten, daha fazla katma değeri olan mal üretmemiz lazım. Bunun için de...tasarlayan insanlara ihtiyacımız var* ifadesini kullanmıştır.

Görüş bildiren mühendislerden endüstri mühendisi, mühendislik tasarım süreci doğru şekilde anlatılamazsa mühendislik mesleğinin zor olduğu kanısına kapılan çocuklarda belki meslekten vazgeçme durumu oluşturabileceğini dezavantaj olarak belirtmiştir. Bu durumun önüne geçilmesinde öğretmenlere büyük görev düştüğünü ifade etmiştir. Kendisi *mühendislik matematik yoğunluğu olan bir meslek olduğundan ... o matematik yoğunluğunun fark edilmesi ve karmaşıklığın öğretmenlerimiz tarafından öğrencilere korkutucu bir şekilde yansıtılması durumunda öğrencileri soğutabilir. Bazı insanlarda, bazı kişilerde olduğu gibi ben sevmiyorum matematiği, mühendislik zor ya da kötü ben istemiyorum olmasını gibi belki ön yargılar oluşturabilir. Halbuki doğru anlatılsa belki de severdi. Ama gerçekten de sevmiyor olabilir. Gerçekten sevmiyorsa ve ondan soğuduysa orada belki çok sorun yok... Ortaokul düzeyinde siz ona olasılık teorisi anlatmaya çalışırsanız, ama bunu yap, bunu yapma bu dozu ayarlayamazsanız ve ona karmaşık integraller, türevler daha karmaşık yüksek matematikler falan gösterilirse ve bunları bilmeniz gerekiyor, çözmeyeniz gerekiyor dersiniz belki o zaman öğrencinin gözü korkar açıklamasını yapmıştır.*

## 5. BÖLÜM

### Tartışma ve Öneriler

#### 5.1. Tartışma

##### 5.1.1. Mühendislik Tasarım Modeli

Çalışmaya katılan öğretim üyelerinin inançları kullanılarak geliştirilen mühendislik tasarım modeli Şekil 5’te gösterilmiştir. Bu modele göre mühendislik tasarım modeli 1) problemin tanımlanması, 2) tasarımın kriterlerinin belirlenmesi ve bilgi toplama, 3) matematiksel modelleme ile tasarımın dizayn edilmesi, 4) tasarımın doğrulanması ve analizler, 5) prototip geliştirme, 6) prototipin test edilmesi ve 7) Ürüne son halini verme basamaklarından oluşmaktadır. Bu basamaklar literatürde yer alan ve mühendisler tarafından vurgulanan diğer mühendislik tasarım modelleri (Mosborg ve diğerleri, 2005; Tayal, 2003; Valvano ve Yerraballi, 2014; Zandin, 2001) ile benzerlik göstermektedir.

Örneğin problemin tanımlanması basamağı belirtilen tüm modellerde problemin analiz edilmesi (Volvano ve Yerraballi, 2014) ya da oryantasyon (Zandin, 2001) gibi farklı isimlerle ifade edilmiştir. Tasarım kriterlerinin belirlenmesi ve bilgi toplama basamağı ise arka plan ve gereksinimlerin belirtilmesi (Tayal, 2003), veri toplama (Zandin, 2001) ya da bilgi toplama (Mosborg ve diğerleri, 2005) olarak ifade edilmiştir.

Matematiksel modelleme ile tasarımın dizayn edilmesi basamağı ise literatürde yer alan modellerde oldukça sınırlı bir şekilde ifade edilmiştir. Zandin (2001) model formülasyonu, Volvano ve Yerraballi (2014) tasarım aşamasını, Mosborg ve diğerleri (2005) alternatif çözümler üretilmesi basamağını, Tayal (2013) ise alternatif çözümler üretilmesi ve en iyisinin seçilmesini bu basamağa benzer şekilde önermişlerdir. Ancak yapılan çalışmada öğretim üyelerinin önerdiği fiziksel, sanal ya da kağıt çizimleri halindeki matematiksel



modellerin literatürde yer alan benzeri aşamalara göre daha açıklayıcı olduğu ve detaylı bir rehberlik sunduğu gözlenmektedir.

Tasarımın doğrulanması ve analizler basamağı ise Zandin (2001)'de modelin doğrulanması ve çıktı analizi, Volvano ve Yerraballi (2014)'de test, Mosborg ve diğerleri (2005)'nde ise analiz ve değerlendirme olarak ifade edilmiştir. Burada literatürde yer alan benzeri modellerde muhtemelen tasarım ve prototipin ya iç içe ya da beraber düşünüldüğüne dikkat etmek gerekir.

Prototip geliştirme ve akabinde test edilmesi basamakları ise farklı mühendislik branşlarındaki öğretim üyeleri tarafından vurgulanırken sadece Tayal (2003) modelinde yer bulmuştur. Öte yandan ürüne son halinin verilmesi basamağı diğer modellerde test ve yeniden test etme (Tayal, 2003), uygulama ve izleme (Zandin, 2001), yayılma (Volvano ve Yarreballi, 2014) ve uygulama ve iletişim (Mosborg ve diğerleri, 2005) isimlerini almıştır. Ancak hepsinde ortak olarak ürünün sürekli revizyona tabii tutulması, yaygınlaştırılması ve piyasaya sunulması vurgulanmıştır.

### **5.1.2. Mühendislik Tasarım Modelinin Pedagojisi**

Mühendislik tasarım modelinin pedagojisine bakıldığında ise öğretim üyelerinin öğrencilerin öncelikle fen, matematik ve bazı teknolojik kavramlara sahip olmalarının gerekli olduğunu ve ilgili mühendislik görevine geçmeden önce bunun çizimler, simülasyonlar ya da animasyonlarla sağlanabileceğini vurgulamışlardır. Nitekim bu basamak kendi önerdikleri modelin ilk iki basamağı olan problemi tanımlama ve tasarımın kriterlerinin belirlenmesi ve bilgi toplama ile de uyumludur. Literatüre bakıldığında ise geliştirilen mühendislik tasarım modellerinde “ne” (Ryan ve diğerleri, 2001) ya da “sor” (EiE, 2018) gibi öğrencilerin seviyesine uygun ve vurucu kelimelerle bu basamağın ifade edildiği gözlenmektedir.

Öğretim üyeleri bu ön aşamadan sonra öğrencilerin ilgili mühendislik görevi ile baş başa kalmasını ve çözümler geliştirmelerini önermişlerdir. Burada özellikle ilgili görevin ya

da problemin gerek malzemeler gerekse de var olan bilgiler açısından rahat ve kolay ulaşılabilir bir şekilde olması önerilmiştir. Bu noktada makarnadan köprüler ya da kağıttan barajlar gibi örnekler verilmiştir. Nitekim bir mühendislik problemi ile uğraşılması (Schunn, 2009) ve bu gibi malzemelerin kullanılması literatürde özellikle vurgulanan ve kullan, birleştir, inşaa et, çalıştır (Ryan ve diğerleri, 2001) ya da hayal et, planla, yarat (EiE, 2018) gibi basamaklar için oldukça uygundur. Ayrıca mühendislik sınıflarında tercih edilen proje temelli öğretim inşaat mühendisi ve çevre mühendisi öğretim üyeleri tarafından da önerilmiştir.

Öte yandan bir öğretim üyesi kodlamanın bu pedagojinin dışında tutulabileceğini ifade etmesine rağmen bir diğer öğretim üyesinin çok basit düzeyde kodlamaların yapılabileceğini ancak bunun özel bir yazılım üzerinden olması gerektiğini ifade etmiştir.

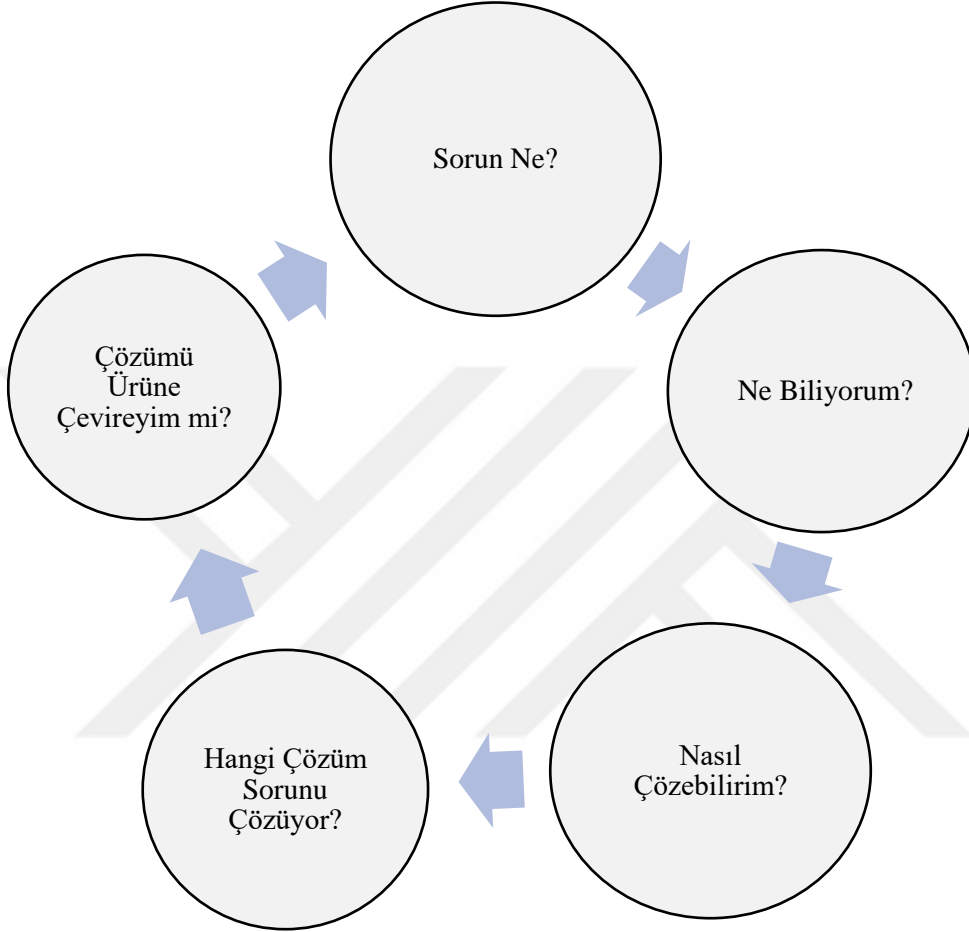
Öğretim üyeleri mühendislik tasarım sürecinin ortaokul öğrencilerine öğretilmesinin özellikle onlarda mühendislik alanına ilginin arttırılmasında, derslerdeki mutluluk ve motivasyonlarının artmasında, matematiksel ve algoritmik düşünmenin gelişmesinde ve yaratıcılık ve fikir üretme noktasında önemli katkılarının olacağını ifade etmişlerdir. Ancak bu noktada öğretim üyelerinden biri yapılan öğretimde özellikle matematiğin seviyesinin iyi ayarlanması gerektiğini çünkü öğrencilerin aşırı matematik yüklenmesi ile hem matematikten hem de mühendislikten soğuyabileceğini ifade etmişlerdir.

## 5.2. Öneriler

Gerek öğretim üyelerinin önerdiği mühendislik tasarım modeli gerekse de yapmış oldukları pedagojik öneriler ve literatürle yapılan tartışmalar sonrasında Şekil 6'da gösterilen mühendislik tasarım modelinin hem ülkemizde hem de yurt dışındaki ortaokul öğrencileri için uygun olacağı düşünülmüş ve bu modelin Fen öğretmenlerine kullanmaları amacıyla önerilmiştir.

Şekil 6.

*Ortaokul öğrencilerine yönelik mühendislik tasarım modeli*



Modele bakıldığında benzeri modeller gibi sadece beş basamaktan oluştuğu ve öğrenciler tarafından kavranmasının kolay olacağı gözlenmektedir. Bu basamaklar 1) Sorun ne?, 2) Ne biliyorum?, 3) Nasıl çözebilirim?, 4) Hangi çözüm sorunu çözüyor ve 5) Çözümü ürüne çevireyim mi? şeklindedir. Belirtilen bütün basamakların öğrencilere günlük hayattan bir sorunun verildiği bir ortamda küçük gruplar (grup başına maksimum altı kişi) halinde çalışabilecekleri proje temelli bir yaklaşımla yürütülmesi önerilmektedir.

Bu basamaklardan **Sorun Ne?** basamağı Şekil 5’te verilen ve öğretim üyeleri tarafından önerilen problemin tanımlanması basamağına tekabül etmektedir. Bu basamakta öğretmenin

ilgili sorun ile öğrencileri buluşturması gerekmektedir. Bu buluşturma öğretim üyelerinin önerdiği ve literatürde de yer aldığı gibi bir haber, vignet, animasyon ya da simülasyonlarla olabilir. Bu noktada öğrencinin ilgisinin soruna çekilmesi ve sorunun öğrenci tarafından yeniden tanımlanması ve bu tanımlamada muhtemel yanlış anlamaların ya da kavram yanlışlarının yakalanarak düzeltilmesi önemlidir.

İkinci basamak olan **Ne Biliyorum?** da ise öğretmenin öğrencilerle ilgili sorun hakkında tartışmalar yapması ve onların ihtiyacı olabilecek fen, matematik, teknoloji ve mühendislik kavramlarını ya hatırlamalarını ya da keşfetmelerini sağlaması gerekmektedir. Bu basamakta eksik ya da problemlili görülen kavramlarla ilgili öğrenci merkezli deney ve gözlemler bir argümantasyon ortamında yapılabilir ve öğrencilerin bu kavramları geliştirmeleri sağlanabilir. Öte yandan matematik, teknoloji ve mühendislik kavramları yine benzer ortamlarda geliştirilebilir, hatırlatmalar yapılabilir ya da küçük çaplı araştırma ödevleri verilebilir. Burada özellikle sorunun çözümü için kullanılacak unsurlar, malzemeler ve çözüm için kullanılacak kriterlerin netleştirilmesi de önemlidir. Bu basamak Şekil 5'te verilen ve öğretim üyeleri tarafından önerilen ikinci basamak olan tasarım kriterlerinin belirlenmesi ve bilgi toplama ile uyumludur.

Üçüncü basamak olan **Nasıl Çözebilirim?** basamağı ise çözüm tasarımlarının planlanması ve dizayn edilmesi basamağıdır. Bu basamakta öğretmenin öğrencilerden soruna yönelik alternatif çözümler geliştirmelerini talep etmesi gerekmektedir. Öğrenciler bu çözümlerini matematiksel modeller ya da basit (geometrik) çizimler halinde geliştirebilirler. Burada öğretim üyelerinin de vurguladığı gibi ileri matematiksel uygulamalar gerektirecek sorunlardan uzak durulmalı bunların yerine basit ölçümler ya da ilişkisel fonksiyonlar gerektirecek bir matematikten yararlanılması uygun olacaktır. Bu basamak Şekil 5'te verilen ve öğretim üyeleri tarafından önerilen üçüncü basamak olan matematiksel modelleme ile tasarımın dizayn edilmesi ile uyumludur.

Dördüncü basamak olan **Hangi Çözüm Sorunu Çözüyor?** basamağında ise geliştirilen çözüm tasarımı alternatiflerinin test edilmesi gerekmektedir. Bu basamakta öğretmenin rehberliğinde her bir çözüm alternatifinin ilgili sorunu çözüp çözmediği kurulan deneysel ortamlarda test edilmelidir. Burada özellikle bağımsız ve bağımlı değişkenlerin doğru seçilmesi ve ilgili alternatiflerin benzer koşullarda test edilmesi önemlidir. Bu basamak Şekil 5'te gösterilen ve öğretim üeleri tarafından önerilen tasarımın doğrulanması ve analizler basamağı ile uyumludur.

Son basamak olan **Çözümü Ürüne Çevireyim mi?** basamağında ise bir önceki basamakta en başarılı olan çözüm alternatifinin günlük hayatta kullanılabilir bir ürüne çevrilmesi söz konusudur. Burada ilgili çözüm alternatifi bir prototipe çevrilip test edilebilir ya da prototip sonrasına gidilerek kullanılabilir bir ürün şekline kadar getirilebilir. Burada özellikle var olan alt yapısal imkanlar ve öğretmenin tercihi önemlidir. Ayrıca geliştirilen ürünün nasıl yaygınlaştırılacağı ve piyasaya sunulacağı da tartışılabilir. Bu basamak Şekil 5'te verilen prototip geliştirme, prototipi test etme ve ürüne son halini verme basamakları ile uyumludur. Burada imkanlar dahilinde prototip basamağının atlanabileceği ve sadece sözel olarak ifade edilebileceği düşünülmektedir.

### Kaynakça

- Abi-El-Mona, I., & Abd-El-Khalick, F. (2011). Perceptions of the nature and 'goodness' of argument among college students, science teachers, and scientists. *International Journal of Science Education*, 33(4), 573-605.
- ABET, (1998) Criteria for accrediting engineering programs effective for evaluations during the 1999-2000 accreditation cycle <http://www0.unsl.edu.ar/~jolguin/autoeval/abet-accrediting.htm/> adresinden 08/03/2018 tarihinde erişilmiştir.
- Apedoe, X. S., Reynolds, B., Ellefson, M. R., & Schunn, C. D. (2008). Bringing Engineering Design into High School Science Classrooms: The Heating/Cooling Unit. *Journal of Science Education Technology*, 17(5) 454-465.
- Biological Sciences Curriculum Study (2007). *A decade of action: Sustaining Global Competitiveness. Executive Summary*. Colorado Springs, CO:BSCS.
- Bozkurt Altan, E., Yamak, H., & Buluş Kırıkkaya, E. (2016). FeTeMM Eğitim Yaklaşımının Öğretmen Eğitiminde Uygulanmasına Yönelik Bir Öneri: Tasarım Temelli Fen Eğitimi. *Trakya Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 212-232.
- Business Roundtable. (2005). *Tapping America's potential: The education for innovation initiative*. Washington, DC.
- Bybee, R. W. (2010a). *The teaching of science: 21st century perspectives*. Arlington, Virginia: NSTA
- Cunningham, C. M., & Carlsen, W.S. (2014) Teaching engineering practices. *Journal of Science Teacher Education*, 25(2), 197-210.
- Creswell, J. W. (2012). *Qualitative inquiry and research design: Choosing among five approaches* (3<sup>rd</sup> Ed.). London: Sage publications.
- Dally, J. W., & Zhang, G. M. (1992). *A freshman engineering design course*. University of Maryland Collage Park.

Duncan, A. (2009). Secretary Arne Duncan's remarks to the President's Council of Advisors on Science and Technology.

<http://www2.ed.gov/news/speeches/2009/10/10232009.html> adresinden ulaşılmıştır.

Dym, C. L., Agogino, A. M., Eris, O., Frey, D. D., & Leifer, L. J. (2005). Engineering design thinking, teaching, and learning. *Journal of Engineering Education*, 94(1), 103-120.

<https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2005.tb00832.x>

Engineering is Elementary (EiE), (2018) The Museum of Science, Boston, Engineering design process. <https://www.eie.org/overview/engineering-design-process> adresinden 09/02/2018 tarihinde erişilmiştir.

European School Net (2017). STEM. <http://www.eun.org/focus-areas/stem> adresinden 14/11/2017 tarihinde ulaşılmıştır.

Funtowicz, S. & Ravetz, J. (1993). "Science for the Post-Normal Age", *Futures* 25(7), 735-755.

Hill-Cunningham, P. R., Mott, M. S., & Hunt, A.B. (2018). Facilitating an Elementary Engineering Design Process Module. *School Science and Mathematics*, 118(1-2), 53-60. <https://doi.org/10.1111/ssm.12259>

Howard, T., Culley, S., & Dekoninck, E. (2007). *Creativity In The Engineering Design Process*. Paris, France.

İstanbul Aydın Üniversitesi (2015). İAÜ STEM Eğitimi Çalıştay Raporu. Erişim:

[https://www.researchgate.net/publication/285206764\\_IAU\\_STEM\\_Egitimi\\_Calistay\\_Raporu\\_Turkiye\\_STEM\\_Egitimi\\_Uzerine\\_Kapsamli\\_Bir\\_Degerlendirme\\_The\\_report\\_of\\_STEM\\_education\\_workshop\\_an\\_assessment\\_on\\_STEM\\_education\\_in\\_Turkey](https://www.researchgate.net/publication/285206764_IAU_STEM_Egitimi_Calistay_Raporu_Turkiye_STEM_Egitimi_Uzerine_Kapsamli_Bir_Degerlendirme_The_report_of_STEM_education_workshop_an_assessment_on_STEM_education_in_Turkey)

Kılınç, A., Demiral, U., & Kartal, T. (2017). Resistance to dialogic discourse in SSI teaching:

The effects of an argumentation-based workshop, teaching practicum, and induction on a preservice science teacher. *Journal of Research in Science Teaching*, 54(6), 764-789.

Li, Y., Huang, Z., Jiang, M., & Chang, T.-W. (2016). The Effect on Pupils' Science Performance and Problem-Solving Ability through Lego: An Engineering Design-based Modeling Approach. *Educational Technology & Society*, 19(3), 143–156.

MEB (2016) STEM Eğitim Raporu, Erişim: <https://yegitek.meb.gov.tr/www/meb-yegitek-genel-mudurlugu-stem-fen-teknoloji-muhendislik-matemetik-egitim-raporu-hazirladi/icerik/719> adresinden 06.09.2017 tarihinde erişilmiştir.

Milli Eğitim Bakanlığı (2017). Fen Bilimleri Öğretim Programı.

<http://mufredat.meb.gov.tr/ProgramDetay.aspx?PID=143> adresinden 10/10/2017 tarihinde alınmıştır.

Mosborg, S., Adams, R., Kim, R., Atman, C. J., Turns, J., & Car, M. (2005). Conceptions of the engineering design process: An expert study of advanced practicing professionals. *Proceedings of the 2005 American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition* (s. 27). American Society for Engineering Education.

National Research Council (NRC). (2012). *A framework for K-12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Committee on a Conceptual Framework for New K-12 Science Education Standards. Board on Science Education, Division of Behavioral and Social Sciences and Education. Washington, DC: The National Academies Press.

Pres National Science Foundation. (2010). Preparing the next generation of STEM innovators: identifying and developing our nation's human capital. *National Science Board*.

<http://www.nsf.gov/nsb/publications/2010/nsb1033.pdf>



- Ravetz, J. (2012). The significance of the Hamburg workshop: Post-normal science and the maturing of science. *Nature and Culture*, 7(2), 133-150.
- Ryan, M., Camp, P., & Crismond, D. (2001, nisan). *Design Rules of Thumb – Connecting Science and Design*. Seattle, ABD.
- Roberts, D. A. (2007). Scientific literacy/science literacy. In S.K. Abell & N.G. Lederman (Eds), *Handbook of Research on Science Education* (pp. 729-780). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- Schunn, C. D. (2009). How Kids Learn Engineering: The Cognitive Science Perspective. *The Bridge on K-12 Engineering Education, National Academy of Engineering*, 39(3)
- Tayal, S. P. (2013). Engineering design process. *International Journal of Computer Science and Communication Engineering*, 3(4)
- TDK, mühendis ve öğretim üyesi kavramlarının anlamı, 13.03.2018 tarihinde erişilmiştir.
- Thomasian, J. (2011). *Building a Science, Technology, Engineering, and Math Education Agenda: An Update of State Actions*. National Governors Association.
- TUSİAD (2017) 2023'e Doğru Türkiye'de STEM Gereksinimi.  
Erişim: <http://www.tusiadstem.org/images/raporlar/2017/STEM-Raporu-V7.pdf>
- Valvano, J., & Yerraballi, R. (2014). Chapter 7: Design and Development Process. *Embedded Systems - Shape The World*.
- Yawn, R., Hunter, J. B., Sweeney, A. D., & Bennett, M. L. (2015). Cochlear implantation: a biomechanical prosthesis for hearing loss. *F1000Prime Reports*.
- YÖK, (2015). Erişim: [http://yok.gov.tr/documents/10279/13242483/temel\\_bilimlerini\\_kapatmiyoruz\\_guclendiriyoruz/1726357a-d13b-4ada-99c2-b8d97d1ac483](http://yok.gov.tr/documents/10279/13242483/temel_bilimlerini_kapatmiyoruz_guclendiriyoruz/1726357a-d13b-4ada-99c2-b8d97d1ac483) ve [http://www.yok.gov.tr/documents/10279/14423278/basin\\_aciklamasi\\_yok\\_ve\\_tubitak](http://www.yok.gov.tr/documents/10279/14423278/basin_aciklamasi_yok_ve_tubitak)

tan\_temel\_bilim\_programlarini\_tercih\_edecek\_ogrencilere\_m%C3%BCjde\_30\_04\_2015.pdf. adreslerinden 29/04/2018 tarihinde erişilmiştir.

Zandin, K. B. (2001). Principles and applications of operations research. *Maynard's Industrial Engineering Handbook, Fifth Edition*. McGraw-Hill Professional.

Zeidler, D.L. (2016). STEM Education: A deficit framework for the twenty first century? A sociocultural scientific response. *Cultural Studies of Science Education*, 11(1), 11-26.

Zeng, F.-G., Rebscher, S., Harrison, W., Sun, X., & Feng, H. (2008). Cochlear Implants: System Design, Integration, and Evaluation. Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) *Reviews in Biomedical Engineering 1*, 115-142.

[10.1109/RBME.2008.2008250](https://doi.org/10.1109/RBME.2008.2008250)



**EKLER**

**Ek 1. Etik Kurul Onayı**

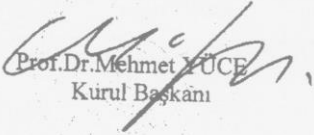
**ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ**  
**ARAŞTIRMA VE YAYIN ETİK KURULLARI**  
(Sosyal ve Beşeri Bilimler Araştırma ve Yayın Etik Kurulu)  
**TOPLANTI TUTANAĞI**

**OTURUM TARİHİ**  
29 Aralık 2017

**OTURUM SAYISI**  
2017-17

**KARAR NO 12** : Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'nden alınan Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Fen Bilgisi Eğitimi Yüksek Lisans öğrencisi Tuğba ÖZSOY'un "Mühendislik Alanında Öğretim Üyelerinin Mühendislik Dizayn Süreci ile İlgili inançları" başlıklı tez çalışması kapsamında uygulanacak açık uçlu araştırma sorularının değerlendirilmesine geçildi.

Yapılan görüşmeler sonunda; Eğitim Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'nden alınan Matematik ve Fen Bilimleri Eğitimi Anabilim Dalı Fen Bilgisi Eğitimi Yüksek Lisans öğrencisi Tuğba ÖZSOY'un "Mühendislik Alanında Öğretim Üyelerinin Mühendislik Dizayn Süreci ile İlgili inançları" başlıklı tez çalışması kapsamında uygulanacak açık uçlu araştırma sorularının, fikri, hukuki ve telif hakları bakımından metot ve ölçeğine ilişkin sorumluluğu başvurucuya ait olmak üzere uygun olduğuna oybirliği ile karar verildi.

  
Prof. Dr. Mehmet YÜCE  
Kurul Başkanı

## Özgeçmiş

- Adı Soyadı** : Tuğba ÖZSOY
- Doğum Yeri ve Yılı** : Bursa, 1992
- Meslek** : Öğretmen (MEB)
- e-posta** : tugba.ozsoy@hotmail.com.tr
- İlköğretim** : Vehbi Koç İlköğretim Okulu İnegöl/ Bursa
- Ortaöğretim** : Turgut Alp Anadolu Lisesi İnegöl/ Bursa
- Lisans** : Uludağ Üniversitesi Eğitim Fakültesi, İlköğretim Bölümü, Fen Bilgisi Eğitimi, Bursa, 2014
- Anabilim Dalı** : Matematik ve Fen Bil. Eğitimi
- Bilim Dalı** : Fen Bilgisi Öğretmenliği
- Yüksek Lisans** : Uludağ Üniversitesi Matematik ve Fen Bil. Eğitimi Bölümü Fen Bilgisi Eğitimi